guida

dello studente

Alma Mater
Studiorum
Università
di Bologna

Le Facoltà di

Ingegneria

dell'Università di Bologna



Anno accademico 2003-2004

CLUEB


I'm green
>30% Biobased
Verified by ASTM D6866
CoLibrì
COVER SYSTEM ©
Made in Italy

TORRE 6 AB GUIDE 2003

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

GUIDA DELLO STUDENTE PER LE FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 2003-2004

Biblioteca "Gian Paolo Dore"
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
INV. N°. 17225

CLUEB

Università di Bologna
BIBLIOTECA
INGEGNERIA

© 2003 by CLUEB
Cooperativa Libraria Universitaria Editrice Bologna

Redazione a cura dei Proff. Ezio Mesini (e-mail: ezio.mesini@unibo.it)
Franco Callegati (e-mail: fcallegati@deis.unibo.it)

In copertina: Antenna installata a bordo dello yacht Elettra di Guglielmo Marconi per la radionavigazione nel corso degli anni Trenta. (Museo Marconi, Fondazione Guglielmo Marconi)

ISBN 88-491-2182-2

CLUEB
Cooperativa Libraria Universitaria Editrice Bologna
40126 Bologna - Via Marsala 31
Tel. 051 220736 - Fax 051 237758
www.clueb.com

Finito di stampare nel mese di ottobre 2003
da Legoprint - Lavis (TN)

INDICE

pag.

FACOLTÀ DI INGEGNERIA (sede di Bologna) 7

PRESENTAZIONE DEL PRESIDE PROF. ING. GUIDO MASETTI 7

INFORMAZIONI GENERALI 9
Norme generali di segreteria 11
Tutorato 13
Biblioteca Centrale della Facoltà "G.P. Dore" 14
ALTAIR: prova di idoneità di lingua 17

NUOVI ORDINAMENTI 18
– Informazioni generali 18
– Calendario 26
Corso di laurea in Ingegneria chimica 29
Corso di laurea in Ingegneria civile 31
Corso di laurea in Ingegneria dell'automazione 34
Corso di laurea in Ingegneria dell'Industria alimentare 35
Corso di laurea in Ingegneria delle telecomunicazioni 36
Corso di laurea in Ingegneria edile (sede a Cesena) 38
Corso di laurea in Ingegneria elettrica 41
Corso di laurea in Ingegneria elettronica 43
Corso di laurea in Ingegneria gestionale 45
Corso di laurea in Ingegneria dei processi gestionali 47
Corso di laurea in Ingegneria informatica 49
Corso di laurea in Ingegneria meccanica 51
Corso di laurea in Ingegneria per l'ambiente ed il territorio 52
Corso di laurea in Ingegneria energetica 57
Corso di laurea in Tecnico del territorio (sede a Ravenna) 59

Corso di laurea specialistica in Ingegneria delle telecomunicazioni 61
Corso di laurea specialistica in Ingegneria edile-architettura 62
Corso di laurea specialistica in Ingegneria elettrica 66
Corso di laurea specialistica in Ingegneria elettronica 67
Corso di laurea specialistica in Ingegneria informatica 71

VECCHI ORDINAMENTI 73
– Informazioni generali 73
– Calendario 76
Corso di laurea in Ingegneria edile 78
Corso di laurea in Ingegneria chimica 80
Corso di laurea in Ingegneria civile 82
Corso di laurea in Ingegneria delle telecomunicazioni 87
Corso di laurea in Ingegneria elettrica 89
Corso di laurea in Ingegneria elettronica 91

Corso di laurea in Ingegneria gestionale 94
Corso di laurea in Ingegneria informatica 96
Corso di laurea in Ingegneria meccanica 101
Corso di laurea in Ingegneria nucleare 107
Corso di laurea in Ingegneria per l'ambiente ed il territorio 110

ELENCO DEGLI INSEGNAMENTI DI CUI I DOCENTI HANNO RESO DISPONIBILI I PROGRAMMI 115

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI RESI DISPONIBILI DAI DOCENTI 125

SECONDA FACOLTÀ DI INGEGNERIA (sedi didattiche a Cesena e Forlì) 647

PRESENTAZIONE DEL PRESIDE PROF. ING. FRANCO PERSIANI 647

INFORMAZIONI GENERALI 648

NUOVI ORDINAMENTI 649
Calendario 656
Corso di laurea in Ingegneria biomedica 661
Corso di laurea in Ingegneria aerospaziale 658
Corso di laurea in Ingegneria delle telecomunicazioni 663
Corso di laurea in Ingegneria elettronica 665
Corso di laurea in Ingegneria informatica 668
Corso di laurea in Ingegneria meccanica 671
Corso di laurea specialistica in Ingegneria aerospaziale 675
Corso di laurea specialistica in Ingegneria biomedica 678
Corso di laurea specialistica in Ingegneria dei sistemi e tecnologia dell'informazione 680
Corso di laurea specialistica in Ingegneria meccanica 681

ELENCO DEGLI INSEGNAMENTI DI CUI I DOCENTI HANNO RESO DISPONIBILI I PROGRAMMI 683

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI RESI DISPONIBILI DAI DOCENTI 687

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

PRESENTAZIONE DEL PRESIDE

Questa Guida è stata realizzata per tutti coloro che sono interessati a conoscere l'organizzazione dei Corsi di Studio della Facoltà d'Ingegneria dell'Università di Bologna, ed è indirizzata principalmente agli studenti, in via di immatricolazione o già iscritti, ai quali vuole essere di aiuto nelle scelte e nello svolgimento dei loro studi.

In conformità con la recente Riforma Universitaria ed a seguito di una positiva sperimentazione attuata nei precedenti AA 99/00 e 00/01, la Facoltà d'Ingegneria ha predisposto già dall'AA 2001/02 per tutti i Corsi di Studio (con la sola eccezione di quello in Ingegneria Edile-Achitettura) una nuova organizzazione didattica che consentirà agli allievi di poter acquisire un titolo universitario (laurea) già al termine dei primi 3 anni di corso. Gli obiettivi principali della Riforma sono: abbreviare i tempi di conseguimento del titolo di studio e ridurre gli abbandoni, coniugare una preparazione di tipo metodologico-culturale, da sempre prerogativa della didattica universitaria, con una formazione professionalizzante, creare un sistema di studi articolato su due livelli di laurea secondo la formula del 3+2, facilitare la mobilità degli studenti a livello nazionale e internazionale attraverso l'introduzione del sistema dei crediti.

L'organizzazione degli studi d'Ingegneria si articola pertanto su due livelli: il primo di 3 anni (pari a 180 crediti) comporta l'acquisizione di una laurea, il secondo, successivo al primo, permette di conseguire una laurea specialistica, pari ad ulteriori 120 crediti. Un credito didattico, nominalmente, corrisponde ad un'attività di studio complessiva dello studente pari a circa 25 ore a tempo pieno.

I corsi di laurea hanno l'obiettivo di assicurare allo studente un'adeguata padronanza di metodi e contenuti scientifici generali, nonché l'acquisizione di specifiche conoscenze professionali. Al termine di tali percorsi gli allievi conseguiranno un titolo pienamente idoneo per l'accesso al mondo del lavoro. Con la laurea specialistica viene conseguito un ulteriore titolo che assicura una formazione di livello avanzato per l'esercizio di un'attività di elevata qualificazione.

Il corso di laurea specialistica in Ingegneria Edile-Architettura costituisce una laurea a ciclo unico (300 crediti); per questa laurea, regolata da normative dell'Unione Europea, non esiste un I livello, ma una distribuzione delle attività didattiche direttamente su 5 anni.

Dopo il conseguimento della laurea e della laurea specialistica gli studenti potranno anche, eventualmente, proseguire nei loro studi con i master di primo e di secondo livello (60 crediti), rispettivamente. Inoltre, dopo il conseguimento della laurea specialistica il percorso didattico potrà essere arricchito con il dottorato di ricerca (3 anni) finalizzato alla ricerca di base o applicata.

Uno dei risultati principali del rilevante sforzo organizzativo e didattico che l'attuazione della Riforma ha comportato, è stata la definizione di nuove figure professionali che, oltre ad aver incrementato l'offerta formativa della Facoltà, meglio rispondono da un lato a forti

sollecitazioni del mondo produttivo e dall'altro alla necessità di adeguare l'Università italiana al sistema universitario degli altri Paesi europei.

In particolare, per l'AA 2003-04 la nostra Facoltà è in grado di offrire nella loro completa estensione triennale i seguenti corsi di laurea di primo livello in Ingegneria: Ambiente e territorio, Automazione, Chimica, Civile, Edile (Cesena), Elettrica, Elettronica Energetica, Gestionale, Informatica, Meccanica, Processi gestionali e Telecomunicazioni, nonché il primo anni dei *due nuovi percorsi didattici triennali: Industria Alimentare, Tecnico del territorio* (Ravenna). In Bologna risultano già attive le lauree specialistiche in Ingegneria Elettrica, Ingegneria Elettronica, Ingegneria Informatica ed in Ingegneria delle Telecomunicazioni. La Facoltà ha anche già deliberato di attivare dall'AA 2004/05 i percorsi di laurea specialistica omonimi a tutte le lauree triennali già completate.

Inoltre, a Bologna è attiva la già ricordata laurea quinquennale specialistica in Ingegneria Edile-Architettura, riordinata secondo la normativa europea. Restano anche attivi, per l'AA 2003-04, gli anni di corso successivi al terzo dei seguenti Corsi di studio tradizionali: Ambiente e territorio, Chimica, Civile, Gestionale, Meccanica e Nucleare attivi prima della Riforma, consentendo così agli allievi già iscritti nei precedenti AA di portare a termine i loro studi secondo gli originali *curricula*.

Infine, sulla base dei contenuti dei singoli corsi, la Facoltà ha anche predisposto una serie di tabelle di accreditamento tra i corsi dell'ordinamento preesistente (vecchio ordinamento) e corsi del nuovo ordinamento che consentono agli allievi di poter facilmente transitare dal vecchio al nuovo ordinamento.

Nella Guida sono indicate le modalità di accesso ai singoli Corsi di studio, nonché i piani didattici (Manifesti) degli studi e i programmi dei relativi Insegnamenti. Gli studenti possono così trovare ampia informazione per una meditata scelta del loro curriculum e, in definitiva, per conseguire una preparazione professionale rispondente alle proprie aspirazioni.

Per un corretto inserimento nel percorso didattico ed un proficuo svolgimento degli studi, resta comunque insostituibile il contatto diretto con chi lavora nella Facoltà e per la Facoltà: Docenti e Ricercatori, direttamente impegnati nell'attività didattica e di ricerca, e quanti, addetti ai Servizi Tecnici e Amministrativi e alla Segreteria studenti, si prodigano per offrire agli studenti il migliore servizio possibile.

Nel corso dei prossimi AA l'offerta didattica della Facoltà d'Ingegneria dell'Università di Bologna, *compatibilmente con le risorse di docenti e di spazi messe a disposizione dal Ministero*, dovrebbe ulteriormente arricchirsi di altri percorsi didattici innovativi. In particolare, è già stato inserito ad ordinamento, ma non ancora attivato per il corrente AA, il percorso in Ingegneria dell'Informazione.

Si informano infine gli studenti che indicazioni utili sulle attività dell'Ateneo e della Facoltà sono disponibili nei rispettivi siti INTERNET www.unibo.it e www.ing.unibo.it.

Nella convinzione di presentare ai giovani, con questa Guida, percorsi formativi particolarmente rispondenti alle esigenze del mondo del lavoro, la Facoltà rivolge agli studenti un caloroso augurio per i loro studi e per la successiva attività professionale.

Bologna, Settembre 2003

Il Preside
Prof. Ing. Guido Masetti

BOLOGNA
BIBLIOTECA INGEGNERIA
Università di Bologna

INFORMAZIONI GENERALI

Facoltà di Ingegneria
http://www.ing.unibo.it/

Preside: **prof. ing. Guido Masetti**

Strutture generali:

- presidenza, viale Risorgimento 2 - 40136 Bologna ..... tel. 051-2093735
  ..... fax 051-2093604
- e-mail presidenza: giovanni.bonavoglia@mail.ing.unibo.it
  giovanna.negroni@mail.ing.unibo.it
  emilio.pesce@mail.ing.unibo.it
  ananalisa.ramponi@mail.ing.unibo.it
  paola.candotti@mail.ing.unibo.it
  silvana.grandi@mail.ing.unibo.it
  antonella.gorgoglione@mail.ing.unibo.it
- portineria di viale Risorgimento 2 ..... tel 051-2093730
- biblioteca centrale, in viale Risorgimento 2 ..... tel 051-2093937
  ..... fax 051-2093942
- Centro di calcolo (CCIB), viale Risorgimento 2 ..... tel. 051-2093123
  e-mail: ccib@mail.ing.unibo.it/ccib/ccib.html
- segreteria di Facoltà, via Saragozza 8, 40123 Bologna ..... tel. 051-2093990
  ..... fax 051-2093992
  e-mail segreteria di Facoltà: seging@ammc.unibo.it
- portineria di via Saragozza 8..... tel. 051-2093734

DIPARTIMENTI DI RIFERIMENTO

DAPT ..... tel. 051-2093155
(dipartimento di architettura e pianificazione territoriale)
direttore: prof. Carlo Monti
e-mail: carlo.monti@mail.ing.unibo.it
..... fax 051-643156
segretario amministrativo: dr. Angiola Valenti

DEIS ..... tel. 051-2093001
(dipartimento di elettronica, informatica e sistemistica)
direttore: prof. Claudio Bonivento
e-mail: direttore@deis.unibo.it
..... fax 051-2093073
segretario amministrativo: dr. Anna Maria Sacchetti

DICASM ..... tel. 051-2093201
(dipartimento di chimica applicata e scienza dei materiali)
direttore: prof. Franco Sandrolini
e-mail: franco.sandrolini@mail.ing.unibo.it
..... fax 051-2093218
segretario amministrativo: dr. Cesare Miriello

DICMA ..... tel. 051-2093135
(dipartimento di ingegneria chimica, mineraria e delle tecnologie ambientali)
direttore: prof. Franco Magelli
e-mail: franco.magelli@mail.ing.unibo.it
..... fax 051-581200
segretario amministrativo: dr. Claudia Sicuranza ..... tel. 051-2093135

DIE ..... tel. 051-2093561
(dipartimento di ingegneria elettrica)
direttore: prof. Luciano Simoni
e-mail: luciano.simoni@mail.ing.unibo.it
..... fax 051-2093588
segretario amministrativo: dr. Michele Buratin

DIEM ..... tel. 052-2093431
(dipartimento di ingegneria delle costruzioni meccaniche,
nucleari, aeronautiche e di metallurgia)
direttore: prof. Piero Pelloni
e-mail: piero.pelloni@mail.ing.unibo.it
..... fax 051-2093439
segretario amministrativo: dr. Luigia Di Pumpo

DIENCA ..... tel. 051-2093281
(dipartimento di ingegneria energetica, nucleare e del
controllo ambientale)
direttore: prof. Sandro Salvigni

e-mail: vincenzo.molinari@mail.ing.unibo.it
..... fax 051-2093296
segretario amministrativo: dr. Carla Zanni

DISTART ..... tel. 051-2093490
(dipartimento di ingegneria delle strutture, dei trasporti, delle acque, del rilevamento, del territorio)
direttore: prof. Pier Paolo Diotallevi
e-mail: pierpaolo.diotallevi@mail.ing.unibo.it
..... fax 051-2093249
segretario amministrativo: dr. Lorenza Pucci

Dipartimento di FISICA ..... tel. 051-6305255
direttore: prof. Antonio Maria Rossi
e-mail: direzione@df.unibo.it
..... fax 051-252774
segretario amministrativo: dr. Simona Nardini

Dipartimento di MATEMATICA ..... tel. 051-2094402
direttore: prof. Giovanni Dore
e-mail: dore@dm.unibo.it
..... fax 051-2094490
segretario amministrativo: dr. Luigi Micaletto

CIEG ..... tel. 051-2093946
(Centro di studi di ingegneria economico-gestionale)
direttore: prof. Andrea Zanoni
e-mail: andrea.zanoni@mail.ing.unibo.it
..... fax 051-2093949

CIRAM ..... tel. 051-2093970
(Centro interdipartimentale di ricerca per le applicazioni della matematica)
direttore: prof. Silvano Matarasso
e-mail: matarasso@ciram.ing.unibo.it
..... fax 051-582528
segretario amministrativo: sig.ra Bianca Maria Angeloni Riva

Norme generali di segreteria

La Segreteria studenti si trova in Via Saragozza, 10 - Bologna (tel. N° 051-2093990) e-mail: seging@ammc.unibo.it

L'orario di apertura al pubblico è il seguente:
Lunedì-Martedì-Mercoledì-Venerdì dalle ore 9.00 alle ore 11.15
Martedì-Giovedì dalle ore 14.30 alle ore 15.30

Tutte le eventuali disposizioni modificative di quanto riportato dalla presente guida e tutte le eventuali comunicazioni di carattere amministrativo o didattico verranno affisse di volta in volta negli albi della Facoltà e/o della Segreteria studenti.

Si informano gli studenti che indicazioni utili sulle attività dell'Ateneo e della Facoltà, sono disponibili nei rispettivi siti INTERNET: www.unibo.it e www.ing.unibo.it

Il Regolamento didattico di Ateneo ed il Regolamento Studenti sono consultabili al sito Internet www.unibo.it

È attivo 24h su 24 al n° 051-242062 un risponditore telefonico automatico che fornisce informazioni di carattere generale.

Tutorato

In riferimento alla legge n. 341/90 la Facoltà di ingegneria ha attivato il servizio di tutorato, che consiste nel mettere a disposizione di ogni studente un tutore al quale rivolgersi per superare difficoltà nel corso degli studi.

Il tutore ha il compito di aiutare lo studente ad orientarsi nell'ambito universitario, per acquisire un metodo efficace di studio, con seguire il corso di studi o l'indirizzo più adatto alle sue aspirazioni, per suggerire l'ordine con cui sostenere gli esami.

Il servizio di tutorato è svolto da docenti e ricercatori della Facoltà e può essere richiesto da tutti gli studenti, anche se è particolarmente consigliato alle matricole.

Per accedere al tutorato occorre compilare un apposito modulo reperibile presso la Segreteria studenti o presso la Portineria della Facoltà e da riconsegnare in Portineria entro il termine indicato sul modulo.

La Facoltà designerà i tutori sulla base delle richieste pervenute, comunicando agli interessati l'assegnazione.

Fac- simile del modulo di richiesta per il tutorato:

All'attenzione del Preside della Facoltà di ingegneria

Il/la sottoscritto/a .....

nato/a a .....il .....

titolare di diploma di maturità .....

iscritto/a all'anno .....

del Corso di laurea in ingegneria .....

nell'anno accademico 2003-2004

chiede

di poter usufruire del servizio di tutorato e indica quali tutori possibilmente i seguenti:

1) .....

2) .....

Con ossequio .....

Bologna, ...

Biblioteca Centrale della Facoltà "G.P. Dore"
http://biblio.ing.unibo.it

Viale Risorgimento, 2 - CAP 40136 Bologna
tel. 051.20.93744 (Aula 0.4) / 051.20.93740 (Sede storica)
fax. 051.20.93742

Direttore: Prof. ing. Andrea Munari
Responsabile tecnico: Dott.ssa Maria Pia Torricelli

Servizi al pubblico:
Carolina Ancona (ancona@mail.cib.unibo.it) 051.20.93744
Gennaro Canistro (canistro@mail.cib.unibo.it) 051.20.93744
Norma Macchiavelli (machiavelli@mail.cib.unibo.it) 051.20.93744
Sonia Sabbioni (sabbioni@mail.cib.unibo.it) 051.20.93740

Segreteria:
Adriana Verardi Luppi (luppi@mail.cib.unibo.it) 051.20.93737
Rossella Salbego (salbego@mail.cib.unibo.it) 051.20.93736

Bibliotecari:
Massimo Urbini (urbini@mail.cib.unibo.it) 051.20.93743
Paolo Tinti (tinti@mail.cib.unibo.it) 051.20.93739
Maria Pia Torricelli (torricelli@mail.cib.unibo.it) 051.20.93601
Maurizio Zani (zani@mail.cib.unibo.it) 051.20.93729

Informatico per l'area Scientifico-tecnica
Claudia Possenti (possenti@mail.cib.unibo it; claudia.possenti@mail.ing.unibo.it)
051.2093732

ORARI

Aula 0.4 (piano terra) lun-ven h. 8.30 - h. 19.00
Sede storica (primo piano) lun-ven h. 8.30 - h. 14.00
Consegna libri dal deposito lun - ven h. 8.30 - 14.00 (Sede storica); 16.00 (Aula 0.4)
Prestito lun - ven h. 8.30 - 19.00 (Aula 0.4)
Reference librarian (assistenza all'uso della biblioteca ed alle ricerche bibliografiche) lun, mar, mer, ven h. 9.00 - 13.00 (o per appuntamento)

Terminali al pubblico
Sono a disposizione degli utenti 9 postazioni internet (Aula 0.4, Sede storica) riservate alla consultazione dell'OPAC (catalogo elettronico) aggiornato della Biblioteca ed in generale di risorse bibliografiche elettroniche online.
É a disposizione degli utenti 1 postazione (Sede storica, per appuntamento) per la consultazione delle pubblicazioni elettroniche online e in cd rom acquistate dalla Biblioteca.

CENTRO D.I.E.A.
Centro di Documentazione su Ingegneria ed Etica Ambientale

Viale Risorgimento, 2 - CAP 40136 Bologna
tel. 051.20.93743, 329.2112551
fax. 051.20.93742

Responsabile esecutivo: dott. ing. Felice Antonio Palmeri

ORARI

Mercoledì: h 14.00 -h 18.00
Giovedì: h 9.00 - h 13.00
h 14.00 - h 18.00
(Gli appuntamenti devono essere concordati telefonicamente)

SERVIZI

- Assistenza per ricerche bibliografiche (per appuntamento o secondo gli orari indicati)
- Prestito locale (previa iscrizione)
- Prestito interbibliotecario (richiesta in prestito, per i nostri utenti, di monografie conservate presso altre biblioteche) (previa iscrizione)
- Document delivery (richiesta, per i nostri utenti, di fotocopie di articoli o parti di monografie conservati presso altre biblioteche; invio di copia dei nostri documenti ad altre biblioteche; il servizio prevede un parziale rimborso spese)
- Consultazioni INTERNET con finalità di ricerche bibliografico-documentarie (per appuntamento)
- Deplian informativi
- Seminari informativi sulle risorse bibliografiche INTERNET
- Riproduzione materiali protetti (per appuntamento)

RACCOLTE PIÙ SIGNIFICATIVE

Periodici
- Periodici scientifici di ambito prevalentemente ingegneristico in edizione cartacea e/o elettronica

Monografie
- Opere di ambito tecnico scientifico e ingegneristico, monografie consigliate nei programmi d'esame, repertori generali di consultazione, handbook, dizionari tecnici, testi di biblioteconomia in edizione cartacea e/o elettronica

Normativa tecnica
- Normativa tecnica: UNI in edizione cartacea
- Normativa tecnica in cd-rom: CEI e IEEE (consultazione per appuntamento)
- Normativa tecnica internazionale in formato elettronico online: ISO, DIN eng., ASTM, CEN, etc.

Documentazione legislativa
- Gazzetta ufficiale della Repubblica italiana (tutte le serie), edizione in cd rom
- Gazzetta ufficiale delle Comunità europee L e C , edizione in cd rom

Volumi antichi o di pregio
- I volumi antichi o particolarmente preziosi, e i manoscritti sono consultabili per appuntamento

BANCHE DATI ON LINE

Sottoscritte dalla Biblioteca, ma accessibili da tutti i pc in rete d'Ateneo

Bibliografie

EI COMPENDEX PLUS
Http://www.ei.org/ev2/home
INSPEC
Http://erl.ing.unibo.it
ICONDA
http://iconda.ing.unibo.it

Full text
(più significativi)

IEL- IEEE/IEE Electronic Library
http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/
WORLDWIDE STANDARDS SERVICE PLUS
normativa tecnica internazionale ISO, ASTM, DIN, CEN, et al.
http://www.cilea.it/Virtual_Library/wss/home.htm
PERIODICI ELETTRONICI
http://biblio.ing.unibo.it/emeroteca/online.html

Tutte le pubblicazioni, in edizione cartacea o elettronica, non collocate a scaffale aperto (volumi pregressi di periodici e monografie conservate nel deposito, cd rom, video cassette, etc.) devono essere richieste al personale addetto.



PROVA DI IDONEITÀ DI LINGUA

Gli studenti per l'ottenimento dell'idoneità di lingua straniera devono rivolgersi alla Segreteria ALTAIR.

In particolare, il **Progetto Altair** si rivolge agli studenti iscritti alle Facoltà di Chimica Industriale, Economia, Farmacia, Giurisprudenza, Ingegneria, Lettere e Filosofia, Medicina e Chirurgia, Medicina Veterinaria, Scienze MM.FF.NN., Scienze Motorie, Scienze Statistiche, che devono sostenere la **prova di idoneità di lingua** nonché a tutti gli studenti dell'Ateneo che vogliano intraprendere o approfondire lo studio a vari livelli dell'inglese, francese, tedesco, spagnolo.

Le attività Altair offrono **percorsi gratuiti e facoltativi** in autoapprendimento al computer integrati da lezioni frontali con insegnanti madrelingua.

I percorsi in autoapprendimento al computer possono essere intrapresi in qualunque momento esclusivamente presso i laboratori Altair di Via Filippo Re n° 2 e n°10 (aperti dal lunedì al venerdì dalle ore 9 alle ore 18). Ai percorsi ci si iscrive dal sito www.cilta.unibo.it/altair > Iscrizioni > Colloquio preliminare.

Le lezioni di didattica frontale si svolgono in due cicli: il primo ciclo ha inizio **in ottobre**; il secondo ciclo ha inizio in **marzo**.

Le prove di idoneità si svolgono presso il Laboratorio Altair di Via Filippo Re n° 10.

Nell'arco dell'anno accademico sono previste tre sessioni con due appelli ciascuna:

- ***SESSIONE INVERNALE: appelli in gennaio e in febbraio***
- ***SESSIONE ESTIVA: appelli in giugno e luglio***
- ***SESSIONE AUTUNNALE: appelli in settembre e ottobre.***

L'iscrizione alla prova si effettua ***esclusivamente*** tramite il sito www.cilta.unibo.it/altair cliccando su Iscrizioni.

La prova si svolge al computer e ha una durata complessiva di 110 minuti. È finalizzata ad accertare la conoscenza grammaticale della lingua oggetto della prova nonché la capacità di ascolto e comprensione di testi in lingua che l'esaminando ascolterà in cuffia e leggerà a video, mediante risposte a scelta multipla.

In alternativa alla prova di idoneità gli studenti in possesso di titoli linguistici possono chiederne il riconoscimento presentando apposita domanda alla Segreteria Altair.

Per ogni ulteriore informazione sulle attività Altair:

- **Visitare** il sito www.cilta.unibo.it/altair;
- **Telefonare** alla ***Segreteria Altair, Via Filippo Re n° 10, Tel. 051-2099890*** dal lunedì al venerdì dalle ore 9.00 alle ore 13.00 nonché martedì e giovedì dalle ore 15.00 alle ore 17.00;
- **Recarsi** presso la Segreteria Altair per un colloquio individuale con o tutors e gli assistenti di Laboratorio presenti;
- **Inviare una e-mail** al seguente indirizzo di posta elettronica: s.altair@alma.unibo.it

NUOVI ORDINAMENTI

Corsi di Laurea di I livello (triennali)

0044 Ingegneria Chimica	classe 10
0045 Ingegneria Civile	classe 8
0055 Ingegneria dell'Automazione	classe 9
0054 Ingegneria dell'Industria Alimentare	classe 10
0046 Ingegneria delle Telecomunicazioni	classe 9
0058 Ingegneria Edile (sede di Cesena)	classe 4
0047 Ingegneria Elettrica	classe 10
0048 Ingegneria Elettronica	classe 9
0049 Ingegneria Gestionale	classe 10
0050 Ingegneria dei Processi Gestionali	classe 9
0051 Ingegneria Informatica	classe 9
0052 Ingegneria Meccanica	classe 10
0053 Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio	classe 8
0057 Ingegneria Energetica	classe 10
0355 Tecnico del Territorio (sede di Ravenna)	classe 7

Corsi di laurea specialistica di II livello

0231 Ingegneria delle Telecomunicazioni	classe 30/s
0067 Ingegneria Edile/Architettura *(a ciclo unico-5 anni)*	classe 4/s
0232 Ingegneria Elettrica	classe 31/s
0233 Ingegneria Elettronica	classe32/s
0234 Ingegneria Informatica	classe 35/s

INFORMAZIONI GENERALI

Riforma degli studi

La riforma universitaria cambia il sistema degli studi universitari italiano, secondo un modello concordato con gli altri paesi dell'Unione Europea.

Gli obiettivi della riforma sono:

– abbreviare i tempi di conseguimento del titolo di studio e ridurre gli abbandoni

– coniugare una preparazione metodologica-culturale, da sempre prerogativa della didattica universitaria, con una formazione professionalizzante

– creare un sistema di studi articolato su due livelli di laurea secondo la formula del 3+2

– facilitare la mobilità degli studenti a livello nazionale e internazionale attraverso l'introduzione del sistema dei crediti.

La nuova organizzazione. La nuova organizzazione degli studi universitari si articola in due livelli: al primo ci sono i corsi di laurea, che durano tre anni (180 crediti). Essi hanno l'obiettivo di assicurare allo studente un'adeguata padronanza di metodi e contenuti scientifici generali, nonché l'acquisizione di specifiche conoscenze professionali. Al termine dei corsi, infatti, si consegue un titolo già idoneo per l'accesso al lavoro. Dopo la laurea è anche possibile seguire master di primo livello (almeno 60 crediti) o scuole di specializzazione post-laurea.

Al secondo livello si collocano i corsi di laurea specialistica. Essi durano due anni e prevedo-

no l'acquisizione di 120 crediti. Con la laurea specialistica si consegue un titolo che assicura una formazione di livello avanzato per l'esercizio di attività di elevata qualificazione in ambiti specifici. Per essere ammessi ad un corso di laurea specialistica occorre essere in possesso della laurea di 1°livello.

Il corso di laurea in Ingegneria Edile-Architettura (laurea a ciclo unico) è regolata da normative dell'Unione Europea, non esiste un 1° livello, ma una distribuzione delle attività didattiche direttamente su 5 anni (300 crediti).

Classi. Sono dei contenitori dei corsi di studio dello stesso livello: riuniscono corsi aventi uguali obiettivi qualificanti, gli stessi vincoli nazionali e identico valore legale. Il nome e il numero delle classi sono fissati da norme nazionali. Ogni università può istituire, all'interno di una classe, uno o più corsi cui stabilirà autonomamente i nomi e, in parte, i programmi (curricula o percorsi).

Crediti formativi Universitari. Il credito formativo universitario (CFU) misura la quantità di attività di studio che è richiesto allo studente. Un credito corrisponde a 25 ore di lavoro che comprendono lezioni, esercitazioni, etc., ma anche lo studio a casa. Per ogni anno accademico, ad uno studente impegnato a tempo pieno nello studio è richiesta una quantità media di lavoro fissata in 60 crediti, ossia 1500 ore. Tutte le discipline del corso di laurea sono quotate in crediti; i crediti si acquisiscono con il superamento degli esami o delle altre forme di verifica stabilite dai regolamenti dei corsi di studio. *I crediti non sostituiscono i voti, non valutano il profitto: la qualità dello studio continuerà ad essere valutata con il voto, espresso in trentesimi per l'esame o la prova di altro genere, ed in centodecimi per la prova finale, con eventuale lode.*

I crediti consentono di comparare diversi sistemi di studio e valutare i contenuti dei programmi tra diversi corsi e diversi sistemi di studio e valutare i contenuti dei programmi tra diversi corsi e diverse università italiane ed europee. Essi facilitano così la possibilità di trasferirsi da un corso di studio a un altro, oppure da un'università a un'altra, anche straniera. I crediti acquisiti durante un corso di studio vengono riconosciuti per il proseguimento in altri percorsi di studio. Ad esempio, i crediti acquisiti con Laurea possono essere riconosciuti, tutti o in parte a seconda della corrispondenza delle attività formative, per la continuazione degli studi con una Laurea Specialistica.

Attività formative. Il quadro delle attività formative dei nuovi curricula di studio si arricchisce. Oltre alla tradizionale preparazione universitaria, i nuovi corsi di studio forniranno conoscenze finalizzate a favorire concretamente l'integrazione europea e il raccordo con il mondo del lavoro.

A tal fine, ogni curriculum, a prescindere dal corso di studio al quale si è iscritti, prevederà un certo numero di crediti dedicato alla conoscenza obbligatoria di una seconda lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano e conoscenze di tipo informatico, attività di tirocinio, stage.

Le attività formative che caratterizzano un corso di studio sono suddivise in diverse forme: didattica assistita (lezioni in aula, esercitazioni, seminari), studio individuale (studio di testi, elaborazione di relazioni, lavori di gruppo o individuali, attività di laboratorio, preparazione dell'esame), e attività svolte durante periodi di stage e tirocini.

Prove e voti. Per acquisire i CREDITI FORMATIVI assegnati alle ATTIVITÀ FORMATIVE è necessario il superamento da parte dello studente di una prova d'esame o di un'altra forma di verifica.

Le modalità della prova sono stabilite in modo autonomo da ogni singolo ateneo e vengono specificate nel Regolamento didattico del corso di studio: potranno consistere in prove scritte e/o orali, o giudizi di idoneità.

I crediti non sostituiscono il voto che continuerà ad essere espresso in trentesimi: 18 sarà la votazione minima, 30 quella massima con eventuale lode.

Il corso di Laurea si conclude con una prova finale.

Immatricolazioni

L'iscrizione alla facoltà di Ingegneria prevede un test di orientamento comune per tutti i Corsi di Laurea e un test di ammissione per il solo Corso di Laurea in Ingegeria Edile Architettura.

Test di orientamento

Il test d'orientamento, comune a tutti i corsi di laurea, si è tenuto alle ore 10:00 del 2 Settembre 2003 nella sede della Facoltà, in Viale Risorgimento 2 (Bologna).

La prova non ha carattere selettivo: il suo obiettivo è quello di offrire un primo strumento per saggiare le proprie potenzialità per affrontare gli studi di Ingegneria.

La facoltà ha organizzato corsi di accoglienza per gli studenti che nei test avranno conseguito un punteggio inferiore a 300/1000.

Per l'ammissione al test, il candidato ha versato, entro il 29 agosto 2003, un contributo di 42,00 € presso qualunque sportello della Rolo Banca 1473 o presso una filiale accreditata della Banca Popolare dell'Emilia Romagna (elenco disponibile su www. unibo.it.

Entro il termine del 17 Ottobre 2003 gli studenti dovranno effettuare il pagamento della prima rata di tasse e consegnare la dovuta documentazione in segreteria.

Per maggiori dettagli, si veda l'apposito documento informativo; ulteriori informazioni relative all'iscrizione e alla facoltà possono essere richieste al seguente indirizzo e-mail: infopoint@mail.ing.unibo.it

Test di ammissione ad Edile Architettura

Il Test di ammissione per Il Corso di Laurea in Ingegneria Edile Architettura, si è tenuto alle ore 10:00 del 3 Settembre 2003. La sede delle prove sarà la Facoltà di Ingegneria di Bologna (Viale Risorgimento, 2).

La prova è a carattere selettivo: il numero dei posti disponibili per l'A.A. 2003/2004 è determinato in 160.

Ricordiamo che, per essere ammessi a sostenere il test d'ingresso ad Ingegneria Edile Architettura, è necessario aver preventivamente versato una quota di iscrizione di 52,23 € presso qualunque sportello della Rolo Banca 1473 o presso una filiale accreditata della Banca Popolare dell'Emilia Romagna (elenco disponibile su www. unibo.it) e presentare o far pervenire alla segreteria studenti (Via Saragozza 8-10) entro le ore 14.00 del 26.08.2003, apposita domanda di ammissione. Per maggiori dettagli relativi al test e alla successiva immatricolazione, si veda l'apposito bando. ulteriori informazioni relative all'iscrizione e alla facoltà possono essere richieste al seguente indirizzo e-mail: infopoint@mail.ing.unibo.it.

Sbarramenti previsti per l'iscrizione all'anno accademico 2003/2004

Gli studenti iscritti ai seguenti corsi di studio che non ottengono entro il 30 settembre 2003 i crediti (CFU) sottoindicati, disposti dai singoli regolamenti dei corsi di studio saranno iscritti in qualità di RIPETENTE del 1° anno (Art.6 Regolamento Studenti):

0045 Ingegneria Civile

18 crediti (CFU) relativi ad insegnamenti del 1° anno di corso (tra questi obbligatoriamente almeno 6 CFU acquisiti tra gli insegnamenti di "Analisi Matematica L-A" e "Geometria e Algebra L" e almeno 6 CFU tra gli insegnamenti di "Analisi Matematica L-B" , "Fisica Generale L" e "Meccanica Razionale L").

0046 Ingegneria delle Telecomunicazioni

0047 Ingegneria Elettrica

0048 Ingegneria Elettronica
0049 Ingegneria Gestionale
0050 Ingegneria dei Processi Gestionali
0051 Ingegneria Informatica
0052 Ingegneria Meccanica
0053 Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio
0055 Ingegneria dell'Automazione
0057 Ingegneria Energetica
18 crediti (CFU) relativi ad insegnamenti del 1° anno di corso (tra questi obbligatoriamente almeno 6 CFU acquisiti tra gli insegnamenti di "Analisi Matematica L-A" e "Geometria e Algebra L-A" e 6 CFU acquisiti tra gli insegnamenti di "Fisica Generale L-A" e "Fisica Generale L-B").

0067 Ingegneria Edile Architettura
18 crediti (CFU) relativi agli insegnamenti del 1° anno di corso (tra questi obbligatoriamente almeno 6 CFU acquisiti tra gli insegnamenti di "Analisi Matematica I" e "Geometria" e almeno 9 CFU tra gli insegnamenti di "Disegno dell'Architettura I"e "Storia dell'Architettura I").

0044 Ingegneria Chimica
Non sono previsti sbarramenti, salvo il rispetto di alcune propedeuticità indicate nel Regolamento del Corso di Studio, consultabile sul sito Internet alla pagina http://www.ing.unibo.it/ordinamenti/corsi/ing1_chi.htm

Requisiti per l'accesso alle Lauree Specialistiche

Per immatricolarsi alle Lauree Specialistiche attivate in

Ingegneria Eletttrica
Ingegneria Elettronica
Ingegneria Informatica
Ingegneria delle Telecomunicazioni

è necessario essere in possesso di una laurea (del vecchio ordinamento o triennale) che soddisfi i requisiti per l'accesso indicati di seguito.

Il titolo di laurea deve essere conseguito entro il 31 marzo 2004.

Le immatricolazioni, dopo la verifica dei requisiti d'accesso, devono essere fatte entro il 31 dicembre 2003. Le immatricolazioni degli studenti non ancora in possesso del titolo di laurea sono fatte sotto condizione del conseguimento del titolo nel termine indicato.

INGEGNERIA ELETTRICA

Per iscriversi alla Laurea Specialistica in Ingegneria Elettrica è necessario il possesso di almeno uno dei seguenti requisiti curriculari:

1) Laurea appartenente alla Classe 9 o 10, conseguita presso una Università italiana.

2) Laurea quinquennale in Ingegneria (Tabella XXIX), conseguita presso una Università italiana.

3) Laurea o Laurea Specialistica, conseguita presso una Università italiana, con almeno 100 CFU riconoscibili di cui 90 CFU acquisiti nei settori scientifico disciplinari indicati fra le attività

di base o caratterizzanti dal Regolamento della Laurea in Ingegneria Elettrica dell'Università di Bologna.

4) Titolo accademico finale straniero: possesso di almeno 100 CFU riconoscibili in base all'esame dei programmi degli insegnamenti sostenuti all'estero ed allegati alla domanda di preiscrizione presentata dallo studente.

INGEGNERIA ELETTRONICA

Per iscriversi alla Laurea Specialistica in Ingegneria elettronica è necessario il possesso di almeno uno dei seguenti requisiti curricolari:

1) Laurea appartenente alla Classe 9 (Ingegneria dell'Informazione) conseguita presso un'Università italiana.

2) Laurea quinquennale in Ingegneria (Tabella XXIX) conseguita presso un'Università italiana.

3) Laurea o Laurea Specialistica conseguita presso un'Università italiana, e almeno 100 CFU acquisiti in un qualunque corso universitario nei settori scientifico-disciplinari indicati fra le attività di base o caratterizzanti dall'Ordinamento della Laurea in Ingegneria Elettronica dell'Università di Bologna, sede di Bologna.

4) Titolo accademico finale straniero: possesso di almeno 100 CFU riconoscibili in base all'esame dei programmi degli insegnamenti sostenuti all'estero ed allegati alla domanda di preiscrizione presentata dallo studente.

INGEGNERIA INFORMATICA

Per iscriversi alla Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica è necessario il possesso di almeno uno dei seguenti requisiti curriculari:

1. Laurea appartenente alla Classe 9 - Ingegneria della Informazione, conseguita presso una Università italiana.

2. Laurea quinquennale in Ingegneria (Tabella XXIX), conseguita presso una Università italiana.

3. Laurea o Laurea Specialistica, conseguita presso una Università italiana, e almeno 100 CFU acquisiti in un qualunque corso universitario (Laurea, Laurea Specialistica, Master Universitari di primo o secondo livello) nei settori scientifico-disciplinari indicati per le attività formative di base o caratterizzanti dal Regolamento della Laurea in Ingegneria Informatica dell'Università di Bologna.

4) Titolo accademico finale straniero: possesso di almeno 100 CFU riconoscibili in base all'esame dei programmi degli insegnamenti sostenuti all'estero ed allegati alla domanda di preiscrizione presentata dallo studente.

INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI

Per iscriversi alla Laurea Specialistica in Ingegneria delle Telecomunicazioni è necessario il possesso di almeno uno dei seguenti requisiti curriculari:

1. Laurea appartenente alla Classe 9 - Ingegneria della Informazione, conseguita presso una Università italiana

2. Laurea quinquennale in Ingegneria (Tabella XXIX), conseguita presso una Università italiana.

3. Laurea conseguita presso una Università italiana, e almeno 100 CFU acquisiti in un qualunque corso universitario (Laurea, Laurea Specialistica, Master Universitari di primo o secondo livello) nei settori scientifico-disciplinari indicati fra le attività di base e/o caratterizzanti dall'Ordinamento Didattico della Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni dell'Università di Bologna.

4) Titolo accademico finale straniero: possesso di almeno 100 CFU riconoscibili in base all'esame dei programmi degli insegnamenti sostenuti all'estero ed allegati alla domanda di preiscrizione presentata dallo studente.

Opzioni

Lo studente già iscritto ai corsi di laurea tradizionali potrà concludere gli studi secondo l'ordinamento di appartenenza oppure optare per i corsi di laurea riformati esercitando il diritto di opzione entro il 31 ottobre 2003 essendo l'A.A. 2003-2004 l'ultimo anno per potere esercitare il diritto di opzione.

In seguito all'opzione la carriera dello studente viene convertita in crediti in base alle tabelle di conversione approvate dai Consigli di corso di studio. Lo studente optante potrà sostenere gli esami del vecchio ordinamento fino al 31 ottobre 2003.

Svolgimento della carriera

Fino al conseguimento del titolo accademico, lo studente deve iscriversi senza soluzione di continuità a tutti gli anni di corso previsti dal percorso scelto.

L'iscrizione ad anni di corso successivi al primo avviene con il pagamento della prima rata di tasse, mediante avviso di pagamento che include la domanda. Le relative informazioni sono trasmesse e registrate solo su supporto informatico.

– ISCRIZIONE TARDIVA. La principale novità consiste nel fatto che l'iscrizione tardiva (dopo il 31 dicembre) non influisce più sulla normale progressione di carriera. In altre parole, chi ha titolo per iscriversi in corso, lo fa anche se paga la prima rata di tasse dopo il 31 dicembre. **Attenzione!** Sarà, però, assoggettata al pagamento di una **ulteriore** indennità di mora di euro 179,00. Resta fermo il principio per cui non si possono sostenere esami nella sessione dell'anno accademico per il quale non si è rinnovata l'iscrizione e che tale iscrizione in corso non è valida ai fini di ottenere i benefici previsti da Bandi ARSTUD e Università.

– ISCRIZIONE COME STUDENTE RIPETENTE. In alcuni corsi di studio la normale progressione della carriera è condizionata dal superamento di sbarramenti didattici. In questi casi, lo studente che non riesca a superare tali sbarramenti è iscritto di nuovo allo stesso anno di corso come ripetente (questi sono gli unici casi possibili di ripetenza in anni intermedi)

– ISCRIZIONE FUORI CORSO. Si iscrive fuori corso lo studente che si è già iscritto a tutti gli anni di corso previsti dal percorso didattico scelto e che, nei corsi a frequenza obbligatoria, ha ottenuto tutte le attestazioni di frequenza.

Passaggi ad altro Corso di Studio (Alma Mater Studiorum-Università di Bologna)

Lo studente può passare ad altro corso di studi dell'Università degli Studi di Bologna, presentando domanda alla Segreteria studenti, redatta su apposito modulo in marca da bollo, entro il 1 dicembre 2003 per i corsi a libero accesso o nel periodo e con le modalità indicate nel bando di concorso per quelli a numero programmato.

Lo studente è tenuto al versamento della prima rata di tasse, qualora non sia stata già versata, dell'indennità di congedo e a regolarizzare eventuali posizioni debitoria

Trasferimenti ad altro Ateneo

Lo studente può trasferirsi presentando domanda alla Segreteria studenti, redatta su apposito modulo in marca da bollo, entro il 1 dicembre 2003, fatte salve eventuali diverse scadenze previste dai bandi limitatamente ai trasferimenti su corsi a numero programmato.

Lo studente non è tenuto al pagamento della prima rata di tasse per l'anno accademico successivo: È tenuto, invece, a versare un'indennità di congedo e a regolarizzare eventuali posizioni debitorie.

Decadenza

Gli iscritti ai corsi di studio attivati con la riforma, decadono dalla qualità di studente e dagli studi precedentemente effettuati se non acquiscono **almeno 30 crediti entro 5 anni solari successivi a quello dell'immatricolazione.** Inoltre, sono previsti ulteriori termini di decadenza differenziati per tipo di corso di studio.

* Gli iscritti ai **corsi di laurea triennali** decadono se non ottengono tutti i crediti previsti per il conseguimento del titolo, ad eccezione di quelli riservati alla prova finale, entro gli ulteriori 6 anni solari;

* Gli iscritti ai **corsi di laurea specialistica** decadono se non ottengono tutti i crediti previsti per il conseguimento del titolo, ad eccezione di quelli riservati alla prova finale, entro gli ulteriori 3 anni solari;

* Gli iscritti ai **corsi di laurea specialistica a ciclo unico** decadono se non ottengono tutti i crediti previsti per il conseguimento del titolo, ad eccezione di quelli riservati alla prova finale, entro gli ulteriori 9 anni solari.

Tutti i termini sono incrementati di ulteriori 2 anni solari per lo studente lavoratore.

– IMMATRICOLAZIONE E RICONOSCIMENTO DEI CREDITI PER STUDENTI DECADUTI. Lo studente decaduto, qualora intenda iscriversi nuovamente a corsi di studio dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna è obbligato a immatricolarsi. Ha facoltà di richiedere che i crediti già acquisiti siano valutati dal Consiglio di Corso di studio ai fini di un possibile riconoscimento, parziale o completo.

Interruzioni di carriera

Lo studente che non abbia rinnovato l'iscrizione per almeno un anno accademico, qualora intenda proseguire gli studi, deve presentare apposita domanda di ricongiunzione della carriera ed è tenuto a versare, per ogni anno di interruzione, una tassa di ricognizione nella misura stabilita dagli Organi accademici.

Il versamento della tassa di ricognizione per un anno accademico in luogo dell'intera quota di iscrizione è dovuto per le domande prodotte a decorrere dal 1°gennaio dell'anno accademico successivo.

Gli anni di interruzione della carriera sono comunque computati ai fini della decadenza.

(Tali disposizioni si applicano anche a coloro che interrompono la carriera per iscriversi a corsi di studio all'estero al di fuori di progetti e convenzioni di collaborazione internazionale universitaria o ad Istituti di formazione militare italiani).

Lo studente già iscritto, che intenda proseguire gli studi in altro corso di studio di diverso livello dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna, prima di iscriversi al nuovo, deve interrompere gli studi in corso. Qualora lo stesso studente voglia riprendere in seguito gli studi interrotti, non è tenuto a versare la tassa di ricognizione.

Negli anni di interruzione, gli studenti non potranno compiere alcun atto di carriera relativamente al corso interrotto.

Rinuncia

Gli studenti che non intendono continuare gli studi intrapresi hanno facoltà di rinunciare agli stessi, ancorché non si sia verificata la decadenza. La rinuncia deve essere manifestata con atto scritto, redatto su apposito modulo in marca da bollo o carta legale, senza alcuna condizione, termine o clausola che ne restringano l'efficacia. Essa sarà irrevocabile e lo studente, pertanto, non potrà far rivivere in avvenire la sua precedente carriera scolastica già estinta per effetto della rinuncia. Lo studente rinunciatario non ha diritto ad alcun rimborso di tasse già pagate.

Diritti e doveri dello studente

L'Alma Mater Studiorum Università di Bologna assicura forme e strumenti di pubblicità dei procedimenti e delle decisioni assunte in merito alle carriere degli studenti.

L'Università, altresì, promuove la partecipazione degli studenti ai procedimenti relativi allo svolgimento della loro carriera.

Lo studente ha facoltà di sollecitare l'intervento del Garante d'Ateneo, nel caso in cui si ritenga leso nei propri diritti o interessi.

In ogni caso, avverso i provvedimenti relativi alla carriera degli studenti, è ammesso ricorso giurisdizionale al Tribunale Amministrativo Regionale dell'Emilia-Romagna.

(art.18 – Nuovo Regolamento Studenti)

Gli studenti dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna durante il corso dei loro studi sono tenuti ad osservare comportamenti rispettosi della legge, dei regolamenti universitari, delle libertà e dei diritti di tutti i soggetti che svolgono la loro attività di lavoro o di studio all'interno delle strutture dell'Ateneo e ad astenersi dal danneggiamento dei beni di proprietà dell'Ateneo o di terzi, che anche temporaneamente vi si trovino.

Le violazioni delle norme di disciplina dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna comportano a carico dei trasgressori l'applicazione di provvedimenti disciplinari.

Nel caso di comportamenti degli studenti che possano integrare anche fattispecie di reato l'Alma Mater Studiorum Università di Bologna provvede tempestivamente ad informare l'Autorità Giudiziaria ed adotta i conseguenti provvedimenti previsti dalla legge.

(art.19 – Nuovo Regolamento Studenti)

CALENDARIO

CALENDARIO LEZIONI

Lauree Triennali (Sede di Bologna)

	dal	al	Settimane
I ciclo	22/09/2003	6/12/2003	11 settimane
II ciclo	26/01/2004	20/03/2004	8 settimane
III ciclo	26/04/2004	19/06/2004	8 settimane

Laurea Triennale (sede di Cesena e di Ravenna)

	dal	al	Settimane
I ciclo	29/09/2003	29/11/2003	9 settimane
II ciclo	12/01/2004	13/03/2004	9 settimane
III ciclo	19/04/2004	19/06/2004	9 settimane

Lauree Specialistiche (biennali)

	dal	al	Settimane
I ciclo (I anno)	13/10/2003	6/12/2003	8 settimane
I ciclo (II anno)	22/09/2003	6/12/2003	11 settembre
II ciclo	26/01/2004	20/03/2004	8 settimane
III ciclo	26/04/2004	19/06/2004	8 settimane

Laurea Specialistica Edile/Architettura

	dal	al
I ciclo (intensivi)	22/09/2003	20/12/2003
II ciclo	1/03/2004	5/06/2004
Corsi Estensivi:		
I parte	22/09/2003	20/12/2003
Corsi Estensivi:		
II parte	1/03/2004	07/04/2004

Vacanze pasquali: 8 aprile 2004 – 14 aprile 2004

CALENDARIO ESAMI DI PROFITTO

Per tutti gli esami dovranno essere fissati almeno 6 appelli, opportunamente distribuiti, in periodi liberi da lezioni;

- di questi almeno 2 devono essere fissati nel periodo immediatamente successivo la fine delle lezioni
- almeno 1 in ogni altro periodo non di lezioni

I periodi non di lezione distinti sono:

1. per i corsi distribuiti su 3 cicli:

- dicembre - gennaio
- marzo - aprile
- giugno - luglio
- settembre

2. per i corsi distribuiti su 2 cicli:
- gennaio - febbraio
- giugno - luglio
- settembre - ottobre

Per i corsi dei primi due anni delle Lauree Triennali la Commissione Didattica di Facoltà ritiene che debba essere rispettato il principio della non sovrapposizione di lezioni ed esami; pertanto, per gli insegnamenti previsti in questi anni, non devono essere fissati appelli d'esame nei periodi di lezione.
La Commissione Didattica di Facoltà, in una o più riunioni, esaminerà quali modalità suggerire ai docenti nel fissare le date degli esami (Manuale di Qualità) per ridurre gli inconvenienti che limitano la possibilità per gli studenti di utilizzare al meglio le sessioni d'esame.

CALENDARIO ESAMI DI LAUREA

Per le lauree Triennali

AA 2002/03
II SESSIONE
7/10/2003
13/11/2003
17/12/2003

III SESSIONE
22/1/2004
17/3/2004

AA 2003/04
I SESSIONE
22/6/2004
27/7/2004

II SESSIONE
14/10/2004
15/12/2004

III SESSIONE
20/1/2005
21/3/2005

Per tutti i rimanenti Corsi di studio:
II SESSIONE
23/10/2003
17/12/2003

III SESSIONE
10/2/2004
17/3/2004

AA 2003/04
I SESSIONE
22/6/2004
27/7/2004

II SESSIONE
26/10/2004
16/12/2004

III SESSIONE
16/2/2005
23/3/2005

Corso di laurea in **Ingegneria Chimica**
Classe **10 – Ingegneria industriale**
Facoltà **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Ferruccio Doghieri

Obiettivi formativi qualificanti

I laureati nel corso di laurea devono:

- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria industriale, chimica e di processo;
- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi delle scienze dell'ingegneria industriale in generale ed in modo approfondito quelli dell'ingegneria industriale chimica e di processo, nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere i problemi utilizzando metodi, tecniche e strumenti adeguati;
- essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per la progettazione e gestione di apparati, sistemi, processi;
- essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne ed interpretarne i dati;
- essere capaci di comprendere l'impatto delle soluzioni ingegneristiche nel contesto sociale e fisico-ambientale;
- conoscere le proprie responsabilità professionali ed etiche;
- conoscere i contesti aziendali e la cultura d'impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi;
- avere capacità relazionali e decisionali;
- essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, almeno nelle lingue italiana e inglese;
- possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze.

Obiettivi formativi specifici

Obiettivo formativo del corso di studio è la preparazione di un ingegnere esperto nella conduzione, gestione e progettazione di impianti e processi nei quali, su scala industriale, si modificano composizione e/o proprietà fisiche della materia. L'obiettivo è perseguito attraverso l'esposizione agli aspetti metodologici e operativi delle scienze di base e dell'ingegneria industriale in generale e a quelli specifici del settore che sono incentrati su conoscenze di termodinamica applicata, moto dei fluidi, scambio termico e di materia, processi di separazione, reattoristica chimica e biochimica, impiantistica chimica ed analisi di rischio.

La preparazione è completata e integrata da esperienze di laboratorio, da adeguate conoscenze di lingua straniera e da elementi di cultura aziendale contemporanea forniti tramite seminari, lezioni e/o tirocinio.

Lo spettro di competenze ed il loro inquadramento in una visione di sistema rendono il laureato così formato in grado di rispondere alle diverse esigenze collegabili ai processi di trasformazione di interesse industriale, avendo anche attenzione agli aspetti di tutela ambientale e di sicurezza.

I laureati in ingegneria chimica potranno svolgere pertanto attività professionali in diversi ambiti (quali progettazione, produzione, gestione ed organizzazione, attività tecnico-commercia-

le) sia nelle imprese manifatturiere o di servizi, sia nelle amministrazioni pubbliche, sia nella libera professione. In particolare, le professionalità dei laureati in ingegneria chimica sono funzionali ai seguenti sbocchi occupazionali principali:

- industrie del comparto chimico, alimentare, farmaceutico, biomedico, dell'energia e di processo in generale; aziende di produzione, trasformazione, trasporto e conservazione di sostanze e materiali con particolare riferimento ai materiali polimerici e ceramici; società di ingegneria, impiantistiche e di servizi ambientali; laboratori industriali; strutture tecniche della pubblica amministrazione deputate al governo dell'ambiente e della sicurezza; strutture pubbliche e private in cui si effettuino valutazioni di rischi di incidente rilevante connessi con sostanze pericolose.

ANNO 1°					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Analisi matematica L A	6	Analisi matematica L B	6		
Fondamenti di Chimica L con Laboratorio di Chimica (corso int.)	9	Fisica generale L A	6	Fisica generale L B	6
Informatica generale L	6	Chimica Organica L	6	Termodinamica applicata L	6
				Chimica Applicata L	3
Lingua	3			Informatica generale L	3

ANNO 2°					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Scienza delle costruzioni L	6	Fondamenti di chimica industriale L	3	Costruzione di macchine per l'ingegneria chimica L	6
Fondamenti dell'ingegneria di processo L + Termodinamica dell'ingegneria chimica L (corso integrato)	9	Fluidodinamica e scambio termico L	9	Processi di scambio di materia e reattoristica chimica L	6
Economia e organizzazione aziendale L	6	Fondamenti di ingegneria elettrica L	6	Macchine L	6
Laboratorio di calcolo numerico L	3				

ANNO 3°					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Ingegneria dei processi di separazione L	6	Impianti chimici L	6	Chimica industriale L	6
Strumentazione e controllo nell'industria di processo L	6	Tecnica della sicurezza ambientale L	6	Tirocinio pratico/laboratori	6
Scienza dei materiali L	6	A scelta		A scelta	
A scelta				Prova finale	6

Totale crediti a scelta: 9 di Tip. D+3 a scelta guidata

ANNO 3°					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Laboratorio di ingegneria chimica A-L					3
Laboratorio di ingegneria chimica B-L					3
Insegnamenti di tipologia D					
Principi di ingegneria chimica ambientale L	3	Impianti di trattamento degli effluenti L	3	Etica ambientale L	3
Scienza e tecnologia dei materiali ceramici L	3	Materiali polimerici L	3	Metallurgia L (1)	3

(1) Mutua dal corso "Laboratorio di metallurgia L" attivato presso il corso di studio di "Ing. Meccanica".

Corso di laurea in **Ingegneria Civile**
Classe **8 – Ingegneria Civile e Ambientale**
Facoltà **Ingegneria – sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di corso di laurea: Prof. Armando Brath

Obiettivi formativi qualificanti

I laureati in Ingegneria Civile dovranno:

– conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria;

– conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi delle scienze dell'ingegneria, sia in generale, sia in modo approfondito relativamente a quelli di una specifica area dell'ingegneria civile, ambientale e del territorio, nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere i problemi, utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati;

– essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per la progettazione di componenti, sistemi e processi;

– essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne e interpretarne i dati;

– essere capaci di comprendere l'impatto delle soluzioni ingegneristiche nel contesto sociale e fisico-ambientale;

– conoscere le proprie responsabilità professionali ed etiche;

– conoscere i contesti aziendali e la cultura d'impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi;

– conoscere i contesti contemporanei;

– avere capacità relazionali e decisionali;

– essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in almeno una lingua dell'Unione Europea, oltre l'italiano;

– possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze.

I laureati in Ingegneria Civile potranno svolgere attività professionali in diversi ambiti, quali la progettazione assistita, la produzione, la gestione ed organizzazione, l'assistenza delle strutture tecnico-commerciali, sia nella libera professione che nelle imprese manifatturiere o di servizi e nelle amministrazioni pubbliche. In particolare, le professionalità dei laureati in Ingegneria Civile potranno essere definite in rapporto ai diversi ambiti applicativi tipici dell'ingegneria civile. A tal scopo i curricula del corso di laurea si potranno differenziare tra loro, al fine di approfondire distinti ambiti applicativi.

I principali sbocchi occupazionali sono:

– area dell'ingegneria civile: imprese di costruzione e manutenzione di opere civili, impianti ed infrastrutture civili; studi professionali e società di progettazione di opere, impianti ed infrastrutture; uffici pubblici di progettazione, pianificazione, gestione e controllo di sistemi urbani e territoriali; aziende, enti, consorzi ed agenzie di gestione e controllo di sistemi di opere e servizi; società di servizi per lo studio di fattibilità dell'impatto urbano e territoriale delle infrastrutture;

– area dell'ingegneria ambientale e del territorio: imprese, enti pubblici e privati e studi professionali per la progettazione, pianificazione, realizzazione e gestione di opere e sistemi di controllo e monitoraggio dell'ambiente e del territorio, di difesa del suolo, di gestione dei rifiuti, delle materie prime e delle risorse ambientali, geologiche ed energetiche e per la valutazione degli impatti e della compatibilità ambientale di piani ed opere.

Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 50 per cento dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

Obiettivi formativi specifici

Il Corso di Laurea in Ingegneria Civile si propone di formare figure professionali di tecnici in grado di svolgere attività rivolta alla progettazione, esecuzione, gestione e al controllo di opere civili di edilizia, di opere idrauliche, di infrastrutture, di sistemi di trasporto e di interventi sul territorio. La formazione è di tipo generale e ad ampio spettro e si propone di fornire le principali conoscenze di base e specifiche sui settori di riferimento dell'Ingegneria Civile.

I laureati del Corso di Laurea in Ingegneria Civile possono trovare un'ampia gamma di sbocchi occupazionali; in particolare in Enti pubblici, studi professionali, imprese ed aziende che richiedano capacità di gestione tecnico operativa del progetto, di progettazione di opere riconducibili a schemi ricorrenti e capacità di gestione e controllo dei sistemi territoriali.

È previsto un curriculum articolato in cinque orientamenti:
- Idraulica
- Rilevamento e controllo
- Infrastrutture viarie e trasporti
- Strutture
- Geotecnica

Di questi, l'orientamento Geotecnica non viene per il momento attivato.

I anno (regime)					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Analisi Matematica L-A	6	Analisi Matematica L-B	6	Meccanica Razionale L	6
Geometria e Algebra L	6	Fisica generale L	9	Architettura Tecnica L	6
Chimica L + Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata L + Chimica e tecnologia dei materiali L. C.I.	6	Disegno L	3	Geologia L	3
Laboratorio di Informatica e linguaggi di Programmazione L	3			Laboratorio CAD	3
Lingua straniera: Inglese	3			Laboratorio di CAD L	3
(60 crediti)	24		18		18
II anno (transitorio)					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Scienza delle Costruzioni L	9	Tecnica delle Costruzioni L-A[1]	5	Tecnica delle Costruzioni L-B[1]	4
Idraulica L	9	Geotenica L	9	Topografia L	9
Economia L + Estimo L - Economia ed Estimo L C.I.	4	Legislazione delle opere pubbliche L	3	Fisica Tecnica Ambientale L	4
		Idrologia	3		
	22		20		17

(1) corso da svolgersi su due cicli

ANNO 3°					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Costruzione di strade, ferrovie e aeroposti L-A	9				
Costruzioni idrauliche L	6				
Tecnica ed economia dei trasporti L	9				

IDRAULICA ANNO 3°					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
		Impianti speciali idraulici L	6	Tecnica dei lavori idraulici L	6
		Misure e modelli idraulici L	6	Laboratorio di Ingegneria Idraulica L	3
		Materia a scelta	3	Materia a scelta	6
	24		15		15+6

RILEVAMENTO E CONTROLLO ANNO 3°					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
		Cartografia numerica, SIT e catasto L	6	Rilievi speciali per il collaudo ed il controllo delle strutture e del territorio L	6
		Fotogrammetria L	6	Laboratorio di geomatica L	3
		Materia a scelta	3	Materia a scelta	6
	24		15		15+6

INFRASTRUTTURE VARIE E TRASPORTI ANNO 3°					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
		Sovrastrutture stradali e ferroviarie L + Tecnica e sicurezza dei cantieri viari L - Costruzione di strade, ferrovie e aeroporti L-B C.I.	9	Teoria e tecnica della circolazione L	9
		Materia a scelta	6	Laboratorio di infrastrutture viarie e trasporti L	3
				Materia a scelta	3
	24		15		15+6

STRUTTURE ANNO 3°					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
		Meccanica delle strutture L-A[2]	5	Meccanica delle strutture L-B[2]	4
		Elementi di ingegneria strutturale L-A[3]	5	Elementi di ingegneria strutturale L-B[3]	4
		Materia a scelta	6	Laboratorio di strutture L	3
				Materia a scelta	3
	24		16		14+6

(2) Corso integrato "Meccanica delle strutture L"
(3) Corso integrato "Elementi di ingegneria strutturale L"

Attività formative di tipologia D consigliate dal CCdS:
Etica ambientale L cfu 3 ore 30 ciclo III

Gli insegnamenti relativi al 3° anno di corso saranno attivati e resi noti nel prossimo anno accademico.

Corso di studio: **Ingegneria dell'automazione**
Classe: **9 – Ingegneria dell'Informazione**
Facoltà: **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di Studio: Prof. Ing. Alberto Tonielli

Obiettivi formativi del corso di laurea

I laureati verranno a conoscenza degli aspetti metodologici e operativi delle Scienze di base e dell'Ingegneria, con privilegio degli aspetti specifici dell'ambito dell'Automazione senza tralasciare gli aspetti generali. I laureati verranno a conoscenza degli strumenti fondamentali per il progetto di componenti, sistemi e processi di automazione. La preparazione sarà completata e integrata da esperienze di laboratorio, elementi di cultura aziendale contemporanea forniti tramite seminari, lezioni, e/o tirocinio, e da adeguate conoscenze di lingua straniera.

Gli ambiti professionali tipici del laureato in Ingegneria dell'Automazione sono le imprese elettroniche, elettromeccaniche, spaziali, chimiche aeronautiche in cui sono sviluppate funzioni di dimensionamento e realizzazione di architetture complesse, di sistemi automatici, di processi e impianti per l'automazione che integrano componenti informatici, apparati di misura, trasmissione ed attuazione.

In tale contesto, le figure professionali che si intende preparare sono: da una parte, tecnici in possesso di conoscenze interdisciplinari nei settori della meccanica, dell'elettrotecnica e dell'automatica tali da consentire di concepire, progettare, realizzare e mettere in servizio sistemi di automazione per macchine, processi, impianti, prodotti e servizi; dall'altra, tecnici esperti nella progettazione, gestione e realizzazione di sistemi di acquisizione, elaborazione e controllo in tempo reale tipici dei sistemi di automazione basati su calcolatore.

I anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Analisi Matematica L-A	6	Analisi Matematica L-B	6	Elettrotecnica L-A	6
Geometria e Algebra L-A	6	Fisica generale L-A	6	Fisica generale L-B	6
Fondamenti di Informatica L-A	6	Fondamenti di Informatica L-B	6	Meccanica Razionale	6
				Lingua straniera: Inglese	3

II anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Controlli Automatici L-A	6	Sistemi di Controllo Digitale L-A	6	Reti Logiche L-A	6
Controlli Automatici L-B	6	Elettronica L-A	6	Elettronica per l'Automazione L-A	6
Fondamenti di Meccanica delle macchine L-A	6	Meccanica Tecnica L-A	6	Modellistica dei Sistemi Elettromeccanici L-A	3
Economia e Org. aziendale L-A	6				

III anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Macchine Automatiche L-A	9	Azionamenti Elettrici L (*)	6	Sistemi di produzione automatizzati L-A	6
		Calcolatori elettronici L-A	6	Tirocinio L	9
Ingegneria e tecnologia dei sistemi di controllo L-A	6	Nota 1	3/6	Nota 1	6/3
Robotica industriale L-A	6	Meccanica Tecnica L-A (**)	6	Lingua straniera: Inglese	6

(*) Solo per gli studenti che non hanno nel piano degli studi Macchine ed azionamenti elettrici L
(**) Solo per gli studenti che hanno iscritti al secondo anno di corso nel 2002-2003
NOTA 1
Tipologia D: 9 crediti complessivamente, a scelta libera. Si suggerisce di operare le scelte nell'ambito delle attività formative elencate nella seguente tabella.
Tipologia F: 9 crediti complessivamente. Si scelgano attività formative di tipologia F tra quelle elencate nella seguente tabella

I ciclo		II ciclo		III ciclo	
		Laboratorio di Automazione	3	Reti di Telecomunicazioni L-A	6
				Modellistica e simulazione L-A	6
				Tirocinio	9
				Etica ambientale L	3

Corso di Studio: **Ingegneria dell'Industria Alimentare**
Classe: **10 – Ingegneria industriale**
Facoltà: **Ingegneria – sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di Studio: Prof. Giulio Cesare Sarti

Obiettivo formativo del corso di studio è la preparazione di un ingegnere esperto nella conduzione, gestione e progettazione di impianti e processi per l'ottenimento, la conservazione ed il confezionamento di prodotti alimentari. e più in generale di trasformazione e valorizzazione di prodotti agricoli e zootecnici. L'obiettivo è perseguito attraverso l'esposizione degli aspetti metodologici e operativi delle scienze di base e dell'ingegneria industriale in generale ed di quelli specifici del settore che sono incentrate su conoscenze di termodinamica applicata, reologia, moto dei fluidi, trasferimento di calore e materia, impiantistica. La preparazione è completata e integrata da esperienze di laboratorio, da adeguate conoscenze di lingua straniera e da elementi di cultura aziendale contemporanea forniti tramite seminari, lezioni e/o tirocinio. Lo spettro di competenze ed il loro inquadramento in una visione di sistema rendono il laureato così formato in grado di rispondere alle diverse esigenze collegabili ai processi produttivi, avendo anche attenzione agli aspetti di igiene, sicurezza e tutela dell'ambiente. I laureati in ingegneria alimentare svolgeranno attività professionali in diversi ambiti, quali la progettazione assistita, la produzione, la gestione ed organizzazione, l'assistenza tecnico-commerciale, sia nelle imprese manifatturiere o di servizi, sia nelle amministrazioni pubbliche, sia nella libera professione. In particolare, le professionalità dei laureati in ingegneria alimentare sono funzionali ai seguenti sbocchi occupazionali principali:

- aziende di produzione, trasformazione, confezionamento, trasporto e conservazione di prodotti alimentari in genere;
- società di ingegneria e di impiantistica industriale ed alimentare;
- industrie chimiche, farmaceutiche e manifatturiere;
- laboratori industriali.

I anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Analisi Matematica L-A	6	Analisi Matematica L-B	6		
Fondamenti di Chimica L con Laboratorio L (corso int.)	6+3	Fisica generale LA	6	Fisica generale LA	6
		Chimica Organica L	6	Termodinamica applicata L	6
Geometria e algebra L	6			Informatica generale L	3
Lingua	3				

II anno (non attivo)					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Meccanica dei solidi L	6	Fondamenti di ingegneria elettrica L	6	Trasporto di materia, cinetica chimica e biochimica	6
Biochimica e microbiologia dei processi L e Chimica degli alimenti L (corso integrato)	6+3	Fluidodinamica e scambio termico L	9	Meccanica applicata L e Costruzioni di macchine per l'ingegneria alimentare L (corso integrato)	6+3
Fondamenti dell'ingegneria di processo L	3			Macchine L	6
Economia e organizzazione aziendale L	6				
Laboratorio di calcolo numerico L	3				

III anno (non attivo)					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Operazioni unitarie nell'industria alimentare	è	Impianti e macchine nell'industria alimentare L	6	Tecnica della sicurezza ambientale L	6
Strumentazione e controllo nell'industria di processo L	6	Processi dell'industria alimentare L	6	Tirocinio pratico/laboratori	6
Macchine automatiche L	6	A scelta		A scelta	
A scelta				Prova finale	6

Corso di studio: **Ingegneria delle Telecomunicazioni**
Classe: **9 – Ingegneria dell'Informazione**
Facoltà: **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di Studio: Prof. Alessandro Lipparini

Obiettivi formativi del corso di laurea

I laureati in Ingegneria delle Telecomunicazioni dovranno:

- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria;
- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi delle scienze dell'ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli dell'Ingegneria delle Telecomunicazioni nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere i problemi utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati;
- essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per la progettazione di componenti, sistemi, processi;
- essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne e interpretarne i dati;
- conoscere i contesti aziendali e la cultura d'impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi; avere capacità relazionali e decisionali;
- essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, oltre che in italiano anche in lingua inglese;
- possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze ed essere capaci di apprendere attraverso lo studio individuale.

La Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni si pone l'obiettivo specifico di formare figure professionali in grado di ricoprire ruoli tecnici e tecnico/organizzativi in contesti che richiedono la conoscenza degli aspetti metodologico-operativi delle scienze di base e dell'ingegneria, con privilegio degli aspetti specifici dell'ambito delle telecomunicazioni senza tralasciare gli aspetti generali.

I laureati verranno a conoscenza delle principali caratteristiche delle tecniche, degli apparati, dei sistemi e delle infrastrutture riguardanti l'acquisizione, l'elaborazione ed il trasporto delle informazioni e la loro utilizzazione in applicazioni e servizi di telecomunicazione.

La preparazione sarà completata e integrata da esperienze di laboratorio, elementi di cultura aziendale contemporanea forniti tramite seminari, lezioni, e/o tirocinio, e da adeguate conoscenze di lingua straniera.

Il profilo formativo del laureato in Ingegneria delle Telecomunicazioni consente di operare nei settori della progettazione, ingegnerizzazione, produzione, esercizio e manutenzione dei sistemi di telecomunicazioni, nonché in settori adiacenti quali quelli caratterizzanti la classe dell'Ingegneria dell'Informazione.

Gli ambiti professionali tipici per i laureati sono le imprese private e pubbliche manifatturiere e di servizi, le strutture tecnico-commerciali, le amministrazioni pubbliche, gli enti normativi e di controllo.

Nota: Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 50 per cento dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

Primo anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Analisi Matematica L-A	6	Analisi Matematica L-B	6	Elettrotecnica L-A	6
Fondamenti di Informatica L-A	6	Fondamenti di Informatica L-B	6	Reti logiche L-A	6
Geometria e Algebra L-A	6	Fisica generale L-A	6	Fisica generale L-B	6
Lingua straniera: Inglese (3)					

Secondo anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Analisi Matematica L-C	6	Fisica generale L-C	6	Circuiti Elettronici Digitali L	6
Matematica applicata L-A	6	Comunicazioni elettriche L-A	6	Comunicazioni elettriche L-B	6
Controlli automatici L-A	6	Circuiti Elettronici Analogici L	6	Propagazione L-A	6
Economia e organizzazione aziendale L-A	6				

Terzo anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Sistemi di telecomunicazione L-A	6	Calcolatori elettronici L-A	6	Trasmissione Numerica L-A	6
Reti di telecomunicazioni L-A	6	Campi Elettromagnetici L-A	6	Tecnica delle Microonde L-A	3
Analisi Matematica L-D	6				
Moduli a scelta D (si veda Tabella S per alcune scelte consigliate) (9 CFU)					
Tirocinio (F 9) oppure l'insieme di *Laboratorio di Telecomunicazioni L-A (F3 - 2° ciclo)* e di uno o più moduli della Tabella F					
Prova finale E 6					

Tabella F			
	Affidabilità e controllo di qualità	Terzo ciclo	6
	Laboratorio di creazione d'impresa	Secondo ciclo	6
	Politica tecnologica e della ricerca dell'unione europea	Terzo ciclo	6
	Laboratorio di ricerca operativa L-A	Secondo ciclo	3
	Laboratorio di calcolo numerico	Primo ciclo	3
	Economia dei mercati e analisi degli indici economicii	Primo ciclo	3
	Economia dell'ICT	Primo ciclo	3
	Lingua Inglese L-B		3

Tabella S *Insegnamenti suggeriti per materie a scelta (tipologia D)*			
	Geometria ed algebra L-B	primo ciclo	3
	Calcolo Numerico L-A	secondo ciclo	3
	Fondamenti di ricerca operativa L-A	secondo ciclo	3
	Laboratorio di microonde L-A	terzo ciclo	3
	Laboratorio di reti di telecomunicazione L-A	terzo ciclo	3
	Laboratorio di telecomunicazioni L-B	terzo ciclo	3
	Fisica generale L-D	primo ciclo	6
	Fondamenti di chimica L-A	primo ciclo	6
	Laboratorio di informatica L-A	primo ciclo	6
	Misure elettroniche L-A	secondo ciclo	6

Corso di laurea in: **Ingegneria Edile**
Classe: **4 – Scienze dell'architettura e dell'ingegneria edile**
Facoltà: **Ingegneria – Sede Cesena**

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Carlo Monti

Obiettivi formativi qualificanti

Il corso di laurea in Ingegneria Edile ha l'obiettivo di assicurare allo studente un'adeguata padronanza di metodi e contenuti scientifici generali, nonché l'acquisizione di specifiche conoscenze professionali nel settore edile.I laureati in Ingegneria Edile devono:

- conoscere adeguatamente la storia dell'architettura e dell'edilizia, gli strumenti e le forme della rappresentazione, gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tali conoscenze per interpretare e descrivere problemi dell'architettura e dell'edilizia;
- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi relativi agli ambiti disciplinari caratterizzanti il corso di studio seguito ed essere in grado di identificare, formulare e risolvere i problemi dell'architettura e dell'edilizia utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati;
- conoscere adeguatamente gli aspetti riguardanti la fattibilità tecnica ed economica, il calcolo dei costi e il processo di produzione e di realizzazione dei manufatti edilizi;
- essere in grado di utilizzare le tecniche e gli strumenti della progettazione dei manufatti edilizi;
- essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in almeno una lingua dell'Unione Europea, oltre l'italiano.

Obiettivi formativi specifici

I laureati in Ingegneria Edile svolgeranno attività professionali in diversi ambiti, concorrendo e collaborando alle attività di programmazione, progettazione e attuazione degli interventi di organizzazione e trasformazione dell'ambiente costruito alle varie scale.

Essi potranno esercitare tali competenze: presso enti, aziende pubbliche e private, società di ingegneria, industrie di settore e imprese di costruzione, oltre che nella libera professione e nelle attività di consulenza.

Il corso di studio è orientato alla formazione di una figura professionale in grado di conoscere e comprendere i caratteri tipologici, strutturali e tecnologici di un organismo edilizio nelle sue componenti materiali e costruttive, in rapporto al contesto fisico-ambientale, socio-economico e produttivo dell'intervento di trasformazione insediativa.

Le competenze specifiche del laureato riguardano le attività connesse con la progettazione, le attività di rilevamento di aree e manufatti edilizi, l'organizzazione e la conduzione del cantiere edile, la gestione e valutazione economica dei processi edilizi, la direzione tecnico-amministrativa dei processi di produzione industriale di materiali e componenti per l'edilizia, nonché della manutenzione dei manufatti. Il laureato in Ingegneria Edile sarà in grado di riconoscere e comprendere un organismo, in rapporto alle sue origini e successive trasformazioni storiche ed al contesto insediativo di appartenenza, e di rilevarlo analizzando le caratteristiche dei materiali che lo compongono e il regime statico delle strutture. Le competenze specifiche del laureato riguardano la definizione, propedeutica al progetto, degli interventi mirati all'arresto dei processi di degrado e di dissesto di manufatti edilizi e contesti ambientali, all'eliminazione e contenimento delle loro cause, nonché alla direzione tecnica dei processi tecnico-amministrativi e produttivi connessi.

	I ANNO	*Tipol. AttForm*	*SSD*	Att. didattica	CFU	Ciclo
1	Analisi matematica L-A	A	MAT/05	60	6	1
2	Analisi matematica L -B	C	MAT/05	60	6	2
3	Fisica generale L	A	FIS/01	60	6	3
4	Chimica L	A	CHIM/07	50	5	3
4	Disegno I L costituito da due moduli integrati	A				
A	Fondamenti e applicazioni di geometria descrittiva L		ICAR/17	50	4	1
B	Disegno edile L		ICAR/17	50	4	2
	Laboratorio di Disegno di Architettura L	A	ICAR/17	50	2	1/2
5	Tecnologia dell'Architettura L costituito da due moduli integrati.	B				
A	Elementi di architettura tecnica L		ICAR/10	50	4	3
B	Elementi di tecnologia dell'architettura L		ICAR/12	50	4	1
6	Normative urbanistiche e delle Opere Pubbliche L costituito da due moduli integrati					
A	Legislazione delle opere pubbliche e dell'edilizia L	C	IUS/10	50	4	1
B	Diritto urbanistico e dell'ambiente L	C	IUS/10	50	2+2	2
7	Storia dell'architettura L costituito da due moduli integrati	A				
A	Storia delle tecniche architettoniche L		ICAR/18	50	4	2
B	Storia dell'architettura L		ICAR/18	50	4	3
	Prova di Lingua Inglese	E			3	
	Totale crediti				60	

	II ANNO					
8	Disegno II L costituito da due moduli integrati	A				
A	Disegno dell'architettura L		ICAR/17	50	4	1
B	Rilievo dell'architettura L		ICAR/17	50	4	2
9	Disegno automatico L	A	ING-INF/05	50	4	2
A	Laboratorio CAD L	A	ING-INF/05	50	2	3
B	Topografia e fotogrammetria L costituito da due moduli integrati.	B				
10	Elementi di topografia L		ICAR/06	50	4	1
A	Elementi di fotogrammetria L		ICAR/06	50	4	2
B	Scienza delle costruzioni L costituito da due moduli integrati.	B				
11	Statica L		ICAR/08	60	6	2
A	Elementi di scienza delle costruzioni L		ICAR/08	60	6	3
B	Cantieri e produzione edilizia L costituito da due moduli integrati.	B				
12	Tecnologia della produzione edilizia1 e sicurezza L		ICAR/11	50	4	1
A	Organizzazione del cantiere e sicurezza L		ICAR/11	50	4	1
B	Impianti tecnici L costituito da due moduli integrati.	B				
13	Fisica tecnica ambientale L		ING-IND/11	50	5	1
14	Impianti tecnici L		ING-IND/11	50	5	2
	Tecnica urbanistica L	B	ICAR/20	50	4	3
	Geologia applicata L	A	GEO/05	50	5	3
	Totale crediti				61	

	III ANNO – TRANSITORIO PER GLI STUDENTI IMMATRICOLATI NEL 2001-2002					
15	Tecnica delle costruzioni L costituito da due moduli integrati.	B				
A	Elementi di tecnica delle costruzioni L		ICAR/09	60	6	1
B	Consolidamento degli edifici L		ICAR/09	60	6	2
16	Elementi di geotecnica L	C	ICAR/07	60	6	3
17	Estimo e contabiltà dei lavori L costituito da due moduli integrati.	B				
A	Estimo L		ICAR/22	50	4	1
B	Estimo e contabilità dei lavori L		ICAR/22	50	4	2
18	Tecnologia dei materiali e chimica applicata L	C	ING-IND/22	50	4	1
	1 insegnamento di orientamento a scelta tra:					
19	Architettura tecnica L costituito da due moduli integrati.	B	ICAR/10	50	4	1
A	Architettura tecnica L		ICAR/10	50	4	2
B	Progettazione integrale L					
	oppure					
19	Tecnologia del recupero L costituito da due moduli integrati.	B				
A	Tecnologia della produzione edilizia 2 e sicurezza L		ICAR/11	50	4	1
B	Recupero e conservazione degli edifici L		ICAR/10	50	4	2
	Tirocinio	F		200	9	
	Insegnamenti a scelta	D			9	
	Prova finale				6	
	Totale crediti				62	

Legenda Tipologie Attività Formative
- A = Di base
- B = Caratterizzanti
- C = Affini o integrative
- D = A scelta dello Studente
- E = Prova finale e lingua straniera
- F = Altre attività
- G = Ulteriori crediti (ex cestino)

Insegnamenti a scelta suggeriti

20_	Progettazione architettonica L costituito da due moduli integrati.					
A	Elementi di progettazione edile L	*D*	*ICAR/14*	50	4	3
B	Composizione architettonica L		*ICAR/14*	60	5	3

Corso di laurea in **Ingegneria Elettrica**
Classe **10 – Ingegneria Industriale**
Facoltà **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di Studio: Prof. Ugo Reggiani

Obiettivi formativi qualificanti

I laureati in Ingegneria Elettrica dovranno:

- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria;
- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi delle scienze dell'ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli di una specifica area dell'ingegneria industriale, nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere i problemi utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati;
- essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per la progettazione di componenti, sistemi, processi;
- essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne ed interpretarne i dati;
- essere capaci di comprendere l'impatto delle soluzioni ingegneristiche nel contesto sociale e fisico-ambientale;
- conoscere le proprie responsabilità professionali ed etiche;
- conoscere i contesti aziendali ed e la cultura d'impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi;
- conoscere i contesti contemporanei;
- avere capacità relazionali e decisionali;
- essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in almeno una lingua dell'Unione Europea, oltre l'italiano;
- possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze.

Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 50 per cento dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico

Obiettivi formativi specifici

La laurea triennale deve dare una preparazione tecnico-professionale nell'ambito elettrico con buone conoscenze ingegneristiche di base e specifiche conoscenze elettriche tali da rendere il laureato idoneo a ricoprire posti di rilievo nelle industrie per la produzione di apparecchiature e macchinari elettrici e sistemi elettronici di potenza, per l'automazione industriale e la robotica; imprese ed enti per la produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica; imprese ed enti per la progettazione, la pianificazione, l'esercizio ed il controllo di sistemi elettrici per l'energia e di impianti e reti per i sistemi elettrici di trasporto e per la produzione e gestione di beni e servizi automatizzati.

I Anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Analisi Matematica L-A	6	Analisi Matematica L-B	6	Meccanica Razionale L	6
Fondamenti di Informatica L	6	Laboratorio di Informatica L	6	Fondamenti di Chimica L	6
Geometria e Algebra L	6	Fisica Generale L-A	6	Fisica Generale L-B	6
		Lingua straniera: inglese	3		

II Anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Circuiti elettrici L	6	Fondamenti di elettrotecnica L	5	Circuiti elettronici di potenza L	5
Affidabilità e statistica per i sistemi		Fisica Tecnica L	9	Macchine L	6
elettrici L	5	Elettronica L	6	Elementi di controlli automatici L	6
Meccanica delle macchine e dei					
materiali L (corso integrato)	9				

III Anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
Impianti Elettrici con Elementi di		Misure Elettriche e Laboratorio L			11
Sistemi Elettrici per l'Energia L	11				
(corso integrato)					
Macchine Elettriche L	6	Azionamenti Elettrici L	6	Economia dell'impresa e valutazione	5
Componenti e Tecnologie Elettriche L	6			degli investimenti L (*)	
		Crediti Formativi	61		
Moduli a scelta					9
Tirocinio L					6
Prova Finale L					6
		Totale Crediti Formativi	180		

(*) solo per gli studenti immatricolati a partire dall'A.A. 2002/2003

Moduli a scelta

III Anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
disciplina	CFU	disciplina	CFU	disciplina	CFU
		Attuatori elettrici L	3	Costruzioni elettromeccaniche L	3
		Compatibilità elettromagnetica e		Misure per la sicurezza L	3
		laboratorio L	6	Qualità dell'energia elettrica L	6
		Produzione dell'energia elettrica L	6		
		Scienza e tecnologia dei materiali			
		elettrici L	6		

Lo studente deve seguire moduli a scelta per un complessivo di 9 crediti sostenendo le relative prove di verifica. I moduli sopra indicati sono consigliati dal Corso di Laurea. I corsi a scelta possono però essere scelti anche al di fuori di quelli indicati dal Consiglio di Corso di Studi.

Corso di laurea in **Ingegneria Elettronica**
Classe **9 – Ingegneria dell'Informazione**
Facoltà **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di Studio: Prof. Massimo Rudan

Obiettivi formativi qualificanti

I laureati in Ingegneria elettronica dovranno:

- Conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre Scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'Ingegneria.
- Conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi delle Scienze dell'Ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli dell'Ingegneria elettronica, nella quale saranno capaci di identificare, formulare e risolvere i problemi utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati.
- Essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per la progettazione di componenti, sistemi, processi.
- Essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne e interpretarne i dati.
- Conoscere i contesti aziendali e la cultura d'Impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi; avere capacità relazionali e decisionali.
- Essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, oltre che in italiano, anche in inglese.
- Possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze, ed essere capaci di apprendere attraverso lo studio individuale.

Il tempo riservato allo studio personale o a altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 50 per cento dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

Obiettivi formativi specifici

I laureati verranno a conoscenza degli aspetti metodologici e operativi delle Scienze di base e dell'Ingegneria, con privilegio degli aspetti specifici dell'ambito dell'Elettronica senza tralasciare gli aspetti generali. I laureati verranno a conoscenza degli strumenti fondamentali per il progetto di componenti, sistemi e processi.

La preparazione sarà completata e integrata da esperienze di laboratorio, elementi di cultura aziendale contemporanea forniti tramite seminari, lezioni, e/o tirocinio, e da adeguate conoscenze di lingua straniera.

Il profilo formativo del laureato in Ingegneria elettronica consente di operare nei settori della progettazione, sviluppo, ingegnerizzazione, produzione, esercizio e manutenzione dei sistemi elettronici, nonché in settori adiacenti quali quelli caratterizzanti la Classe dell'Ingegneria dell'Informazione.

Gli ambiti professionali tipici del laureato in Ingegneria elettronica sono le Aziende di progettazione e produzione di componenti, apparati e sistemi elettronici ed optoelettronici, le Industrie manifatturiere, i settori delle Amministrazioni pubbliche e delle Imprese di servizi che applicano tecnologie e infrastrutture elettroniche per il trattamento, la trasmissione e l'impiego di segnali in ambito civile, industriale e dell'informazione.

1° anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
Analisi matematica L-A	6	Analisi matematica L-B	6	Elettrotecnica L-A	6
Fondamenti di informatica L-A	6	Fondamenti di informatica L-B	6	Reti logiche L-A	6
Geometria e Algebra L-A	6	Fisica generale L-A	6	Fisica generale L-B	6
Lingua straniera: inglese (tipo E, 3 CFU)					

2° anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
Controlli automatici L-A	6	Fisica generale L-C	6	Circuiti elettronici digitali L-A	6
Analisi matematica L-C	6	Comunicazioni elettriche L-A	6	Comunicazioni elettriche L-B	6
Matematica applicata L-A	6	Circuiti elettronici analogici L-A	6	Propagazione L-A	6
Economia e organizzazione aziendale L-A	6				

3° anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
Microelettronica L-A	3	Elettronica applicata L-A	6	Progetto di sistemi elettronici L-A	6
Progetto di circuiti analogici L-A	6				
Calcolatori elettronici L-A	6				
Due moduli a scelta guidata, per un totale di 12 CFU, da scegliersi nella Tabella P Attività di tipo D ("A scelta dello Studente") per un totale di 9 CFU (v. Nota) Attività di tipo F ("Altre attività") per un totale di 9 CFU da scegliersi nella Tabella F Prova finale (tipo E, 6 CFU)					

Nota: Si suggerisce di scegliere fra i moduli elencati nella Tabella D. In particolare, agli Studenti che intendono accedere alla Laurea Specialistica e desiderano acquisire CFU dalla Tabella D, si suggerisce di scegliere fra i moduli indicati con la sigla **SP**.

Tabella P			
	Analisi matematica L-D	6	primo ciclo
	Campi elettromagnetici L-B	6	secondo ciclo
–	Fondamenti di Chimica L-A	6	primo ciclo
–	Misure elettroniche L-A	6	secondo ciclo

Tabella F		
Laboratorio di creazione d'impresa L-A	6	secondo ciclo
Affidabilità e controllo di qualità L-A	6	terzo ciclo
Politica tecnologica e della ricerca nell'Unione Europea L-A	6	terzo ciclo
Sistemi di gestione integrati L-A	6	secondo ciclo
Tirocinio L	9	–
Lingua straniera: Inglese e B	3	–
Laboratorio di Elettronica L-A	3	terzo ciclo
Economia dei mercati e analisi degli indici economici L-A	3	primo ciclo
Economia dell'ICT L-A	3	primo ciclo
Laboratorio di Telecomunicazioni L-A	3	(*)
Laboratorio di Automazione L-A	3	(*)
Laboratorio di Ricerca operativa L-A	3	(*)
Laboratorio di Matematica computazionale L-A	3	primo ciclo
Laboratorio di Microonde L-A	3	(*)

Tabella D			
SP	Fisica generale L-D	6	primo ciclo
SP	Geometria e Algebra L-B	3	primo ciclo
SP	Calcolo numerico L-A	3	secondo ciclo
SP	Fondamenti di Chimica L-B	6	secondo ciclo
–	Tecnica delle Microonde L-A	3	(*)
–	Fondamenti di Ricerca operativa L-A	3	(*)
–	Identificazione dei modelli e analisi dei dati L-A	6	terzo ciclo
–	Fondamenti della misurazione L-A	6	primo ciclo
–	Elettronica industriale L-A	6	primo ciclo

(*) La collocazione nel ciclo è stabilita dal Piano didattico un altro CL.

Corso di studio: **Ingegneria Gestionale**
Classe: **10 – Ingegneria Industriale**
Facoltà: **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di Studio: Prof. Andrea Zanoni

Obiettivi formativi del corso di laurea

I laureati in Ingegneria Gestionale devono:

- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria;
- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi delle scienze dell'ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli specifici dell'ingegneria gestionale nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere i problemi utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati;
- essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per lo studio di componenti, sistemi, processi;
- essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne e interpretarne i dati;
- essere capaci di comprendere l'impatto delle soluzioni ingegneristiche nel contesto sociale e fisico-ambientale;
- conoscere le proprie responsabilità professionali ed etiche;
- conoscere i contesti aziendali e la cultura d'impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi;
- conoscere i contesti contemporanei;
- avere capacità relazionali e decisionali;
- essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in almeno una lingua dell'Unione Europea, oltre l'italiano;
- possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze.

La laurea in Ingegneria Gestionale si pone l'obiettivo specifico di formare figure professionali in grado di ricoprire ruoli organizzativi e manageriali per i quali siano richieste competenze di base di natura tecnologica, con particolare riferimento all'analisi e gestione dei processi di produzione e logistici. In particolare, le funzioni che il laureato in Ingegneria Gestionale deve sapere svolgere, dimostrando di possedere competenze distintive rispetto agli altri laureati, riguardano la gestione delle strutture produttive e logistiche a base tecnologica, nelle loro componenti fisiche, organizzative e informative.

I profili professionali e i compiti svolti in questi campi sono ampi, comprendendo in particolare i ruoli per cui sono richieste competenze distintive nel saper affrontare, con conoscenze economiche e gestionali, problemi caratterizzati da vincoli e opportunità di natura tecnologica. Queste situazioni si manifestano nella gestione dei processi produttivi e logistici, e dei collegati flussi informativi, con particolare attenzione ai casi in cui è necessario ottimizzare l'uso delle risorse fisiche, finanziarie e umane, assicurare la qualità e la sicurezza dei prodotti e delle attività, analizzare le problematiche connesse all'impatto e ai vincoli ambientali, esaminare l'opportunità di adottare nuove tecnologie valutandone le dimensioni organizzative e competitive.

Conseguentemente, la laurea in Ingegneria Gestionale ha l'obiettivo di fornire agli allievi le conoscenze di base relative alla struttura e al funzionamento di diverse tipologie di sistemi produttivi e logistici, ai fondamenti delle principali tecnologie industriali, agli aspetti economici e organizzativi collegati; conoscenze e capacità di modellizzazione dei processi produttivi e logi-

stici, di identificazione e misura delle loro prestazioni, di pianificazione e implementazione delle azioni di miglioramento, dei supporti informativi e informatici, di progettazione e gestione dei sistemi produttivi e logistici.

I principali sbocchi occupazionali comprendono i settori manifatturieri e della trasformazione industriale, i settori dei servizi tradizionali (trasporti, distribuzione, gestione del territorio, ecc.), i settori dei servizi avanzati ad alto valore aggiunto (consulenza direzionale, informatica, telecomunicazioni, ecc.), l'intero settore della Pubblica Amministrazione. In particolare, il laureato in Ingegneria Gestionale è destinato a operare nelle aree dell'approvvigionamento e gestione dei materiali, nell'organizzazione e gestione della produzione, nell'organizzazione e automazione dei sistemi produttivi e nella logistica.

Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 50 per cento dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

1° anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
Analisi matematica L-A	6	Analisi matematica L-B	6	Matematica applicata L	6
Economia e organizzazione aziendale L-A	6	Economia e organizzazione aziendale L-B	6	Fondamenti di informatica L-B	6
Geometria e algebra L	6	Fisica generale L-A	6	Fisica generale L-B	6
Fondamenti di informatica L-A	6	Lingua straniera: inglese	3		
	63				

2° anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
Meccanica applicata alle macchine L	6	Controlli automatici L	6	Fondamenti di ricerca operativa L	6
Fisica tecnica L	5	Macchine L	6	Marketing industriale	6
Elettrotecnica L (2)	6	Impianti industriali L-A	6	Impianti industriali L-B	6
Sistemi di controllo di gestione L	6				
	57				

3° anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
Logistica industriale L-A	6	Logistica industriale L-B	6	Gestione dell'energia L	6
Studi di fabbricazione L	6	A scelta	3	A scelta	6
Gestioen aziendale L-A	6	Gestione aziendale L-B	6	Tirocinio/laboratori	9
				Prova finale	6
	60				

Attività formativa a scelta	**Ciclo di attivazione**
Fondamenti di progettazione ed ingegnerizzazione di prodotto L	II
Laboratorio di creazione d'impresa L A	II
Laboratorio di sistemi informativi aziendali integrati L	tace
Laboratorio di strumenti di ottimizzazione L	II
Affidabilità, controllo e gestione della qualità L	III
Economia dei mercati e analisi degli indici economici L-A	I
Economia dell'ICT L-A	I
Etica ambientale L	III

Corso di studio: **Ingegneria dei Processi Gestionali**
Classe: **9 – Ingegneria dell'Informazione**
Facoltà: **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di Studio: Prof. Alessandro Grandi

Obiettivi formativi del corso di laurea

I laureati in Ingegneria dei Processi Gestionali devono:

- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria;
- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi delle scienze dell'ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli specifici dell'ingegneria gestionale, nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere i problemi utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati;
- essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per lo studio di componenti, sistemi, processi;
- essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne e interpretarne i dati;
- essere capaci di comprendere l'impatto delle soluzioni ingegneristiche nel contesto sociale e fisico-ambientale;
- conoscere le proprie responsabilità professionali ed etiche;
- conoscere i contesti aziendali e la cultura d'impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi;
- conoscere i contesti contemporanei;
- avere capacità relazionali e decisionali;
- essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in almeno una lingua dell'Unione Europea, oltre l'italiano;
- possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze.

La laurea in Ingegneria dei Processi Gestionali si pone l'obiettivo specifico di formare figure professionali in grado di ricoprire ruoli organizzativi e manageriali in contesti che richiedono competenze di base di natura tecnologica, con particolare riferimento all'analisi e alla gestione dei processi gestionali aziendali, dei collegati flussi informativi e delle tecnologie informatiche e telematiche abilitanti.

I profili professionali e i compiti svolti comprendendo in via elettiva i ruoli per cui sono richieste competenze distintive nel saper affrontare, con conoscenze economiche e gestionali, problemi di organizzazione, progettazione e gestione dei processi di lavoro e dei flussi informativi aziendali, in contesti caratterizzati da vincoli e opportunità di natura tecnologica. Conseguentemente, la laurea in Ingegneria dei Processi Gestionali ha l'obiettivo di fornire agli allievi la conoscenza delle problematiche della gestione aziendale nei principali ambiti funzionali, sia in generale sia con riferimento all'interazione tra scelte gestionali e scelte tecnologiche. In questo ambito, in particolare, vengono approfondite le conoscenze relative alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione.

I principali sbocchi occupazionali comprendono i settori manifatturieri e della trasformazione industriale, i settori dei servizi tradizionali (trasporti, distribuzione, gestione del territorio, ecc.), i settori dei servizi avanzati ad alto valore aggiunto (consulenza direzionale, informatica, telecomunicazioni, ecc.), l'intero settore della Pubblica Amministrazione. In particolare, il laureato in Ingegneria dei Processi Gestionali è destinato a operare nell'analisi dei processi aziendali, nel controllo di gestione e nella gestione delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione a

supporto dei processi organizzativi.

Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 50 per cento dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

1° anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
Analisi matematica L-A	6	Analisi matematica L-B	6	Matematica applicata L	6
Economia e organizzazione aziendale L-A	6	Economia e organizzazione aziendale L-B	6	Fondamenti di informatica L-B	6
Geometria e algebra L	6	Fisica generale L-A	6	Fisica generale L-B	6
Fondamenti di informatica L-A	6				
Lingua straniera: inglese (Tipo E - 3 CFU)					

2° anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
Elettronica L	6	Controlli automatici L	6	Fondamenti di ricerca operativa L	6
Basi di dati L	6	Impianti industriali L	6	Organizzazione della produzione e dei sistemi logistici L	6
Elettrotecnica L	6	Telecomunicazioni L-A	6	Telecomunicazioni L-B	6
Sistemi di controllo di gestione L	6		3		

3° anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
Logistica inudstriale L-A	6	Logistica industriale L-B	5		
Gestione aziendale L-A	6	Gestione aziendale L-B	6		
Fondamenti di ricerca operativa L-B	3	Sistemi informativi L	6		
Componenti di ingegneria economico-gestionale L	2	Complementi di telecomunicazioni	1		
Moduli a scelta (Tipo D) per un totale di 9 CFU (si veda Tabella D per alcune scelte consigliate) Tirocionio L (Tipo F - CFU) oppure Attività alternative al tirocinio (Tipo F) per un totale di 9 CFU (si veda elenco in Tabella F) Prova finale (Tipo E - 6 CFU)					

Tabella D - Elenco attività formative a libera scelta suggerite dal Consiglio di Corso di Studio

Nota: lo studente dispone di 9 CFU a libera scelta di tipolgia D

N.	Attività formativa	Docente	SSD	CFU	Anno	Ciclo
1	Affidabilità, controllo e gestione della qualità L		ING-INF/07	6	III	III
2	Economia dei mercati e analisi degli indici economici L-A		ING-IND/35	3	III	I
3	Economia dell'ICT L-A		ING-IND/35	3	III	I
4	Laboratorio di creazione d'impresa L-A		ING-IND/35	6	III	II
6	Laboratorio di strumenti di ottimizzazione L		MAT/09	3	III	II
7	Marketing industriale L		ING-IND/35	6	III	III
8	Reti di calcolatori L		ING-INF/05	6	III	III
9	Etica ambientale L			3	III	III

Tabella F - Elenco attività formative alternative a tirocinio

Nota: lo studente dispone di 9 CFU di tipologia F

N.	Attività formativa	Docente	Tipo	CFU	Anno	Ciclo
1	Affidabilità, controllo e gestione della qualità L		F	6	III	III
2	Economia dei mercati e analisi degli indici economici L-A		F	3	III	I
3	Economia dell'ICT L-A		F	3	III	I
4	Laboratorio di creazione d'impresa L-A		F	6	III	II
6	Laboratorio di strumenti di ottimizzazione L		F	3	III	II
7	Marketing industriale L		F	6	III	III
8	Reti di calcolatori L		F	6	III	III

Corso di laurea in **Ingegneria Informatica**
Classe **9 – Ingegneria dell'Informazione**
Facoltà **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di Studio: Prof. Eugenio Faldella

Obiettivi formativi qualificanti

I laureati in Ingegneria informatica dovranno:

- Conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria.
- Saper identificare, formulare e risolvere i problemi dell'ingegneria dell'informazione utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati.
- Essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per l'analisi e la progettazione delle componenti hardware e software di un sistema per l'elaborazione dell'informazione.
- Essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne e interpretarne i dati.
- Conoscere i contesti aziendali e la cultura d'Impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi; avere capacità relazionali e decisionali.
- Essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, oltre che in italiano, anche in inglese.
- Possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze, ed essere capaci di apprendere attraverso lo studio individuale.

Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è mediamente superiore al 50 per cento dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

Obiettivi formativi specifici

Il profilo che il complesso delle attività formative intende conseguire è quello di una figura professionale flessibile, atta ad inserirsi, in tempi ragionevolmente brevi, in ambiti operativi anche molto differenziati: imprese produttrici e/o utilizzatrici di sistemi o dispositivi informatici; società di ingegneria del SW; aziende pubbliche o private che utilizzano l'informatica per ottimizzare la propria gestione e/o per fornire servizi, ecc. Il curriculum delle attività formative doterà il laureato di specifiche capacità che gli consentiranno di operare nell'ambito della produzione e delle applicazioni dell'informatica (sistemista, progettista, programmatore). Le conoscenze acquisite potranno anche agevolmente integrarsi con altri tipi di competenze (economiche, giuridiche, grafiche ecc.) e creare in tal modo nuove figure professionali, di cui si prevede una crescente richiesta. Questo processo di allargamento del proprio spettro formativo potrà essere avviato durante il periodo di studio mediante l'autonoma scelta di alcuni insegnamenti.

1° anno								
I ciclo			II ciclo			III ciclo		
Analisi matematica L-A	6	A	Analisi matematica L-B	6	A	Elettrotecnica L-A	6	C
Geometria e algebra L-A	6	A	Fisica generale L-A	6	A	Fisica generale L-B	6	A
Fondamenti di informatica L-A	6	A	Fondamenti di informatica L-B	6	A	Reti logiche	6	B
Laboratorio di informatica L-A	6	A						
Lingua straniera: Inglese							3	E

2° anno								
I ciclo			II ciclo			III ciclo		
Matematica applicata L-A	6	C	Comunicazioni elettriche L-A	6	B	Reti di telecomunicazioni L-A	6	B
Controlli automatici L-A	6	B	Elettronica L-A	6	B	Elettronica L-B	6	B
Controlli automatici L-B	6	B	Calcolatori elettronici L-A	6	B	Sistemi operativi L-A	6	B
Economia e organizzazione aziendale L-A	6	C						

3° anno								
I ciclo			II ciclo			III ciclo		
Reti di calcolatori L-A	6	B	Tecnologie WEB L-A	6	B	Attività formativa a scelta guidata o libera (1)		D
Sistemi informativi L-A	6	B	Ingegneria del software L-A	6	B	Attività formativa a scelta guidata o libera (1)		F
Sistemi informativi L-B	6	C	Fondamenti di ricerca operativa L-A	3	C	Attività formativa a scelta guidata o libera (1)		D/F
Attività formativa a scelta guidata o libera (1)		D/F	Attività formativa a scelta guidata o libera (1)		D/F			
Prova Finale L							6	E

Note
Tipologia D: 9 crediti complessivamente, a scelta libera. Si suggerisce di operare le scelte nell'ambito delle attività formative indicate nella seguente tabella.
Tipologia F: 9 crediti complessivamente. Si operino le scelte nell'ambito delle attività formative di tipologia F indicate nella seguente tabella.

I ciclo			II ciclo			III ciclo		
Fondamenti di chimica L-A (2c)	6	D	Fisica generale L-C	6	D	Propagazione L-A	6	D
Lingua Inglese L-B 3 F								
Analisi matematica L-C (2b)	6	D	Laboratorio di creazione di impresa L-A (3a)	3	F	Laboratorio di informatica L-B	6	F
Laboratorio di matematica computazionale L-A (3a)	3	F	Laboratorio di creazione di impresa L-A (3b)	6	F	Amministrazione di reti di calcolatori L-A	3	F
Ingegneria e tecnologie dei sistemi di controllo L-A (2a)	6	D	Laboratorio di automazione L-A (2a)	3	D	Modellistica e simulazione L-A (2a)	6	D
Economia dell'ICT L-A (3b)	3	F				Affidabilità e controllo di qualità L-A (3a)	6	F
Economia dei mercati e analisi degli indici economici L-A (3b)	3	F				Tirocinio	9	F

(2) Insegnamenti afferenti ad altri Corsi di Studio:
(a) Corso di Laurea in Ingegneria dell'Automazione
(b) Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni
(c) Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica

(3) Insegnamenti condivisi con altri Corsi di Studio:
(a) Corsi di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni e Ingegneria Elettronica
(b) Corsi di Laurea in Ingegneria dei Processi Gestionali, Ingegneria delle Telecomunicazioni, Ingegneria Elettronica e Ingegneria Gestionale

Corso di laurea in **Ingegneria Meccanica**
Classe **10 – Ingegneria industriale**
Facoltà **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di Studio: Prof. Umberto Meneghetti

Obiettivi formativi qualificanti

I laureati in ingegneria meccanica dovranno:

- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologici-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tali conoscenze per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria;
- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi delle scienze dell'ingegneria, sia in generale sia, in modo approfondito, quelli relativi alla specifica area dell'ingegneria meccanica, nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere i problemi utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati;
- essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per la progettazione di componenti, sistemi, processi;
- essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne ed interpretarne i dati;
- essere capaci di comprendere l'impatto delle soluzioni ingegneristiche nel contesto sociale e fisico-ambientale;
- conoscere le proprie responsabilità professionali ed etiche;
- conoscere i contesti aziendali e la cultura d'impresa nei suoi aspetti economici, gestionali ed organizzativi;
- conoscere i contesti contemporanei;
- avere capacità relazionali e decisionali;
- essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in almeno una lingua dell'Unione Europea, oltre l'italiano;
- possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze.

Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 50% dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

Obiettivi formativi specifici

I laureati verranno a conoscenza degli aspetti metodologici ed operativi delle scienze di base e delle scienze dell'Ingegneria, con particolare riguardo degli aspetti specifici dell'ambito dell'Ingegneria meccanica, senza tralasciare gli aspetti generali dell'Ingegneria industriale.

Il profilo formativo dei laureati in Ingegneria meccanica consentirà loro di svolgere attività professionali quali la progettazione, la produzione, l'ingegnerizzazione e la gestione di componenti, sistemi e processi, e l'esercizio e l'assistenza delle strutture tecnico-commerciali nelle aziende che caratterizzano la classe dell'Ingegneria industriale.

I principali sbocchi professionali sono: industrie meccaniche; industrie manifatturiere in generale per la progettazione, la produzione, l'installazione, il collaudo e la gestione di macchine, mezzi di trasporto, linee e reparti di produzione, impianti e sistemi complessi; imprese impiantistiche; industrie per l'automazione e la robotica; industrie elettromeccaniche.

1° anno					
I ciclo	CFU	II ciclo	CFU	III ciclo	CFU
Analisi matematica L-A	6	Analisi matematica L-B	6	Chimica e materiali	8
Fondamenti di informatica L-A	6	Disegno tecnico industriale L	6	Fisica generale L-B	6
Geometria e algebra L-A	6	Fisica generale L-A	6	Meccanica ragionale L	6
		Laboratorio di informatica (1)	(3)		

2° anno					
I ciclo	CFU	II ciclo	CFU	III ciclo	CFU
Elementi di meccanica dei fluidi L	5	Fisica tecnica L	6	Controlli automatici L	6
Elettrotecnica industriale L	8	Tecnologia meccanica L	6	Economia e organizzazione aziendale L	6
Meccanica delle macchine L	6	Elementi delle macchine L	6	Misure meccaniche termiche e collaudi L	6
		Laboratoriio di analisi numerica (1)	(3)	Laboratorio di Metallurgia (1)	(3)

3° anno[2]					
I ciclo	CFU	II ciclo	CFU	III ciclo	CFU
Meccanica degli azionamenti L	6	Logistica industriale L	6	Impianti meccanici L	6
Macchine e apparecchiature a gas e a vapore L	6	Macchine idrauliche e motori a combustione interna L	6	Laboratorio CAD (1)	(3)
Sistemi di lavorazione L	6	Costruzione di macchine L	6	Disegno di macchine (1)	(9)
				Prova finale	6

(1) Corso a scelta.
(2) Il tirocinio può essere collocato in qualunque ciclo del terzo anno.
NOTA. Nell'ambito della scelta autonoma, lo studente deve inoltre acquisire 9 CFU, scegliendo fra tutti gli insegnamenti attivati presso l'Università di Bologna Alma Mater Studiorum. Qualora vengano scelti insegnamenti di un vecchio ordinamento, nell'ambito della Facoltà di Ingegneria o di altre Facoltà dell'Ateneo, il relativo numero di CFU è quello stabilito dalle tabelle di riaccreditamento del relativo Corso di laurea. Ai fini della scelta autonoma, il Corso di laurea ha previsto l'attivazione dell'insegnamento "DISEGNO DI MACCHINE" (9 CFU), collocato al terzo ciclo del terzo anno di corso.

Corso di Studio in: **Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio**
Classe: **8 – Ingegneria Civile e Ambientale**
Facoltà: **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di Studio: Prof. Sante Fabbri

Obbiettivi formativi qualificanti

I laureati nei corsi di laurea della classe devono:

- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria;
- essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per la progettazione di componenti, sistemi e processi;
- essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne e interpretarne i dati;
- essere capaci di comprendere l'impatto delle soluzioni ingegneristiche nel contesto sociale e fisico-ambientale;
- conoscere le proprie responsabilità professionali ed etiche;
- conoscere i contesti aziendali ed e la cultura d'impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi;

- conoscere i contesti contemporanei;
- avere capacità relazionali e decisionali;
- essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in almeno una lingua dell'Unione Europea, oltre l'italiano;
- possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze.

I laureati della classe svolgeranno attività professionali in diversi ambiti, quali la progettazione assistita, la produzione, la gestione ed organizzazione, l'assistenza delle strutture tecnico-commerciali, sia nella libera professione che nelle imprese manifatturiere o di servizi e nelle amministrazioni pubbliche. In particolare, le professionalità dei laureati della classe potranno essere definite in rapporto ai diversi ambiti applicativi tipici della classe. A tal scopo i curricula dei corsi di laurea della classe si potranno differenziare tra loro, al fine di approfondire distinti ambiti applicativi.

Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 50 per cento dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

Obbiettivi formativi specifici

Il Corso di studio presenta una spiccata multidisciplinarietà ed intersettorialità che si articola nei seguenti curricula che sono caratterizzati da un'ampia base comune e da motivi formativi specifici:

- Geoingegneria;
- Tecniche e tecnologie ambientali
- Protezione del suolo e del territorio

Il curriculum Geoingegneria prepara gli allievi alla progettazione, realizzazione e gestione di interventi di ingegneria nei seguenti orientamenti:

- geotecnologie e materie prime,
- idrocarburi e fluidi del sottosuolo.

L'orientamento geotecnologie e materie prime prepara specialisti nella ricerca, valutazione, estrazione e valorizzazione delle materie prime minerali solide; prepara anche specialisti in scavi a cielo aperto ed in sotterraneo, in terreni e rocce, per opere civili mirate alla realizzazione di servizi e di interventi sul terreno a difesa del suolo, per la bonifica delle pareti in roccia, per la decontaminazione in situ dei suoli inquinati, ecc. Sviluppa altresì gli aspetti scientifici e tecnologici relativi al recupero di materie prime seconde, in particolare al recupero dei materiali da demolizioni e dei materiali industriali. L'orientamento dà particolare rilievo alla progettazione e gestione in sicurezza ed in qualità dei cantieri, ai problemi di sviluppo sostenibile, alla valutazione dell'impatto ambientale degli interventi di Geoingegneria ed alla progettazione, realizzazione e gestione di interventi di recupero ambientale.

L'orientamento idrocarburi e fluidi del sottosuolo studia specificatamente le metodologie e le tecniche volte alla ricerca, valutazione, estrazione e valorizzazione dei fluidi presenti nel sottosuolo (idrocarburi, acqua, fluidi geotermici). Studia, in particolare: il moto mono-multifase ed il trasporto di sostanze solubili entro sistemi di fluidi saturanti mezzi porosi e fratturati; le tecniche per la perforazione, l'estrazione, la produzione e la gestione delle risorse fluide del sottosuolo; le tecniche per la salvaguardia delle risorse idriche sotterranee e gli interventi connessi per il loro disinquinamento; le tecniche di campionamento del suolo mediante sondaggi di varia natura; i metodi di misura in laboratorio ed in situ delle caratteristiche del sottosuolo e dei fluidi.

L'ingegnere con laurea nel curriculum Geoingegneria trova sbocchi professionali in strutture pubbliche e private e nella libera professione. Nell'ambito della Pubblica Amministrazione il geoingegnere trova spazi operativi, ad esempio, nella pianificazione delle attività estrattive, nel controllo delle attività produttive e della sicurezza. Come specialista in Ingegneria degli scavi (gallerie, grandi scavi a cielo aperto ed in sotterraneo, sbancamenti, ecc.) ha competenza, sia nelle pubbliche amministrazioni che in imprese private nella valutazione di fattibilità, nella progettazione esecutiva, nella direzione lavori e di cantiere, nelle perforazioni, negli interventi di consolidamento del terreno, nell'elaborazione di piani di sicurezza e nel controllo di quest'ultima. La laurea è, per legge, equipollente a quella in ingegneria mineraria. Sotto questo profilo, il laureato trova ampi spazi di lavoro nella ricerca, valutazione, estrazione e valorizzazione delle materie prime minerali solide, liquide e gassose (idrocarburi, acque minerali), sia in imprese pubbliche che private, sia in Italia che all'estero.

Il curriculum Tecniche e tecnologie ambientali fornisce una preparazione volta all'analisi del rischio ambientale, con riferimento a condizioni sia correnti sia anomale, indotto da attività e da insediamenti antropici. La valutazione complessiva prevede di effettuare:

- in sede di progettazione, lo studio di impatto ambientale delle fasi di realizzazione, operatività e dismissione delle attività, ivi incluso il rischio da eventi incidentali ed il destino ambientale degli inquinanti,
- in sede di esercizio, lo sviluppo di sistemi di gestione ambientale, di sicurezza e di monitoraggio dei principali parametri di misura degli impatti.

Lo studio delle tecniche sopra riportate è integrato dalla conoscenza di elementi per l'analisi, la realizzazione e gestione degli interventi tecnologici per il contenimento delle emissioni al fine della mitigazione, nel loro complesso, degli impatti suddetti.

Si farà particolare riferimento agli interventi per la riduzione all'origine di emissioni liquide, gassose, solide e sonore, agli impianti di depurazione per il trattamento sia di reflui liquidi civili e industriali sia di emissioni gassose, allo smaltimento e al recupero dei rifiuti, alla bonifica di siti inquinati.

Con questi obbiettivi specifici i principali sbocchi occupazionali sono: imprese, enti pubblici e privati e studi professionali per:

- la progettazione, realizzazione e gestione di impianti di trattamento e di contenimento delle emissioni, di sistemi per il controllo e monitoraggio dell'ambiente e del territorio, per la gestione dei rifiuti, delle risorse ambientali ed energetiche;
- la valutazione della compatibilità ambientale di piani ed opere;
- la valutazione e gestione della sicurezza d'impianto.

Il curriculum Protezione del suolo e del territorio fornisce una preparazione volta alla formazione di un Ingegnere capace di valutare, progettare, realizzare, monitorare e gestire gli interventi resi necessari dai dissesti territoriali avvenuti per cause naturali e/o antropiche. Tali interventi sono finalizzati alla prevenzione, protezione e recupero.

Tra gli altri, si ricordano gli interventi di prevenzione e controllo del rischio idro–geologico, di sistemazione dei bacini idrografici, di regimazione dei litorali, di protezione civile, di controllo dei rischi ambientali, di monitoraggio dell'evoluzione del territorio ed in particolare dei movimenti franosi, nonché quelli di gestione, controllo e protezione dai rischi naturali (sismico, vulcanico e geomorfologico), ed infine quelli finalizzati alla valutazione di impatto ambientale di opere ingegneristiche.

Con questi obbiettivi si prospettano per il laureato in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio nell'indirizzo Protezione del suolo e del territorio molteplici sbocchi professionali, fra cui in particolare:

- enti pubblici, quali in particolare l'Amministrazione centrale dello Stato ed enti locali (comuni, provincie, regioni);

- consorzi di bonifica, comunità montane, autorità di bacino, aziende regionali di protezione ambientale;
- società di ingegneria e studi professionali che operano nei problemi ambientali, di tutela e recupero del territorio;
- imprese private di costruzione e gestione di interventi di difesa del suolo;
- società di installazione e gestione di strumenti e reti di monitoraggio idro-meteo-marino e geodetico e di produzione di cartografia;
- divisione ambiente e/o territorio di grandi aziende.

Anno di Corso	I ciclo	II ciclo	III ciclo	Moduli (crediti)
1° **comuni**	Analisi matematica L - A (6) [MAT/05] Fondamenti di chimica L (6) [CHIM/07] Geometria e algebra L (6) [MAT/03] Laboratorio disegno CAD L (f 6) Lingua straniera: Inglese L (e 3)	Analisi matematica L - B (6) [MAT/05] Fisica generale L - A (6) [FIS/01] Tecnologie di chimica applicata L (6) [ING-IND/22]	Fisica generale L - B (6) [FIS/01] Geologia L (6) [GEO/02] Elementi di informatica* L (3) [ING-INF/05] Trattamento statistico dei dati* L (3) [FIS/01]	9 Moduli + Inglese e Lab. Dis. **63 CFU**

* Corso integrato composto dai moduli di: Elementi di informatica L e Trattamento statistico dei dati L e denominato "Informatica e statistica L"

2° **comuni**	Scienza delle costruzioni L (6) [ICAR/08] Topografia L (6) [ICAR/06] Idraulica L - A (6) [ICAR/01] Economia ed organizzazione aziendale L (6) [ING-IND/35]	Elettrotecnica L (4) [ING-IND/31] Fisica tecnica ambientale L (6) [ING-IND/11]	Macchine L (5) [ING-IND/09]	7 Moduli (39 crediti)

Curriculum 1: Geoingegneria

2°		Meccanica delle rocce L (6) [ICAR/07]	Produzione degli idrocarburi L (6) [ING-IND/30] Sicurezza del lavoro e difesa ambientale L (6) [ING-IND/28]	3 Moduli (18 crediti) **57 CFU**

Curriculum 2: Tecniche e Tecnologie Ambientali

2°		Meccanica delle rocce L (6) [ICAR/07]	Elementi di chimica organica e biochimica L* (4) [CHIM/06] Strumentazione e misure per l'inquinamento* L (5) [ING-IND/27] Fondamenti di tecnologie di processo L (6) [ING-IND/24]	3 Moduli (21 crediti) **60 CFU**

* Corso integrato composto dai moduli di: Elementi di chimica organica e biochimica L e Strumentazione e misure per l'inquinamento L e denominato "Chimica organica e misure per l'inquinamento L"

Curriculum 3: Protezione del Suolo e del Territorio

2°		Geotecnica L (6) [ICAR/07]	Idraulica L - B (6) [ICAR/01] Idrologia L (6) [ICAR/02]	3 Moduli (18 crediti) **57 CFU**

III anno (transitorio)
Curriculum: 1 – Geoingegneria

3°	Geostatistica applicata L (6) [GEO/09] Tecnica dei sondaggi L (6) [ING-IND/30] Tecniche per la sicurezza ambientale L (6) [ING-IND/25] Costruzioni idrauliche L (6) [ICAR/02]	Cave e recupero ambientale L (6) [ING-IND/28] Ingegneria delle materie prime L (6) [ING-IND/29] Tecnica delle costruzioni L (6) [ICAR/09]	Modulo a scelta (d 6) Modulo a scelta (d 3) Prova finale L (e 6)	**9 Moduli (61 crediti + 9) 60 CFU**
			1 su 2 Tirocinio L (f 3) Laboratorio informatico L (f 3)	**Totale 180 CFU** **28 Moduli + Inglese; Lab. dis.; Tirocinio; Prova finale**

Curriculum 2: Tecniche e Tecnologie Ambientali

3°	Principi di ingegneria Chimica ambientale L (6) [ING-IND/24] Tecniche per la sicurezza ambientale L (6) [ING-IND/25] Costruzioni idrauliche L (6) [ICAR/02] Campionamenti e misure negli acquiferi L (6) [ING-IND/30] Complementi di Fondamenti di tecnologie di processo L (1) [ING-IND/24] (1)	Impianti dell'industria di processo L (6) [ING-IND/27] Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti L (9) [ING-IND/25]	Modulo a scelta (d 6) Modulo a scelta (d 3) Prova finale L (e 6)	**9 Moduli (49 crediti + 9) 58 CFU**
			1 su 2 Tirocinio L (f 3) Laboratorio informatico L (f 3)	**Totale 180 CFU** **28 Moduli + Inglese; Lab. dis.; Tirocinio; Prova finale**

Curriculum 3: Protezione del Suolo e del Territorio

3°	Costruzioni idrauliche L (6) [ICAR/02] Cartog. num. e SIT L (6) [ICAR/06] Tecniche per la sicurezza ambientale L (6) [ING-IND/25] Ingegneria degli acquiferi L (6) [ING-IND/30]	Gestione delle risorse idriche L (6) [ICAR/02]	Modulo a scelta (d 6) Modulo a scelta (d 3) Prova finale L (e 6)	**8 Moduli (45 crediti + 9) 54 CFU**
		1 su 2 Tecniche di trattamento delle acque reflue L (6) [ICAR/03] Fotogrammetria L (6) [ICAR/06]	1 su 2 Tirocinio L (f 3) Laboratorio informatico L (f 3)	**Totale 180 CFU** **28 Moduli + Inglese; Lab. dis.; Tirocinio; Prova finale**

** L'adeguamento al Piano Didattico previsto per l'A.A. 2003-04 per studenti che hanno frequentato il 2° anno nell'A.A. 2002-03, potrà effettuarsi secondo le seguenti modalità:
1. Nel curriculum 2 – Tecniche e tecnologie ambientali, chi ha sostenuto l'esame di Fondamenti di tecnologie di processo L (b 5 CFU) dovrà seguire il corso integrativo (Complementi di Fondamenti di tecnologie di processo L) (b 1 CFU), soggetto a giudizio di idoneità.

Attività formative di tipologia D consigliate dal CCdS:

Tabella 6 – ATTIVITÀ A SCELTA LIBERA (o AUTONOMA) PROPOSTA DAL C.C. di L

Insegnamento	SSD	Tipologia	Ore di didattica frontale	CFU	Anno di corso
1. Cartografia numerica e SIT L	ICAR/06	d	60	6	III
2. Elementi di biochimica e microbiologia dei processi L	CHIM/11	d	30	3	III
3. Etica ambientale L		d	30	3	III
4. Geotecnica L	ICAR/07	d	60	6	III

5. Ingegneria degli acquiferi L	ING-IND/30	d	60	6	III
6. Meccanica delle rocce L	ICAR/07	d	60	6	III
7. Tecnica delle costruzioni L	ICAR/09	d	60	6	III
8. Tecniche di trattamento delle acque reflue L	ICAR/03	d	60	6	III
9 Geologia Applicata L	GEO/05	D	60	6	II

Corso di studio: **Ingegneria Energetica**
Classe: **10 – Ingegneria Industriale**
Facoltà: **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di Studio: Prof. Vittorio Colombo

Obiettivi formativi

I laureati nel corso di laurea in Ingegneria Energetica devono:

- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria;
- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi delle scienze dell'ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli dell'area dell'ingegneria energetica, nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere i problemi utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati;
- essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per la progettazione e la gestione di componenti, sistemi, processi;
- essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne ed interpretarne i dati;
- essere capaci di comprendere l'impatto delle soluzioni ingegneristiche nel contesto sociale e fisico-ambientale;
- conoscere le proprie responsabilità professionali ed etiche;
- conoscere i contesti aziendali e la cultura d'impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi;
- conoscere i contesti contemporanei;
- avere capacità relazionali e decisionali;
- essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in almeno una lingua dell'Unione Europea, oltre l'italiano;
- possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle loro competenze.

Il corso di laurea in Ingegneria Energetica si propone di fornire una buona conoscenza delle discipline matematiche, fisiche, chimiche e informatiche, nonché delle tematiche fondamentali dell'ingegneria industriale, con particolare riguardo alla termodinamica, alla fluidodinamica, alla trasmissione del calore e all'elettrotecnica, al fine di consentire agli studenti di acquisire in modo critico ed approfondito le competenze specifiche dell'ingegneria energetica. Tali competenze saranno incentrate sui sistemi energetici di potenza e cogenerativi, sulle macchine per la conversione di energia, sugli impianti termotecnici, sulle applicazioni dell'ingegneria nucleare, sugli impianti ed i sistemi elettrici, sui processi di trasformazione delle risorse energetiche, sulle tecniche di controllo dell'impatto ambientale di sistemi energetici, sull'uso razionale dell'energia.

I principali sbocchi occupazionali sono: aziende municipali di servizi; enti pubblici e privati

operanti nel settore dell'approvvigionamento energetico; aziende produttrici di componenti di impianti elettrici e termotecnici; studi di progettazione in campo energetico; aziende ed enti civili e industriali in cui è richiesta la figura del responsabile dell'energia; enti di ricerca e sviluppo nel settore delle tecnologie energetiche avanzate.

Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 50 per cento dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

Il Corso di Laurea in Ingegneria Energetica comprende due Orientamenti (Termofluidodinamica e Sistemi Energetici - Tecnologie Energetiche Avanzate).

L'Orientamento Termofluidodinamica e Sistemi Energetici fornisce agli allievi strumenti metodologici di analisi e specifiche competenze progettuali sui sistemi di conversione dell'energia da fonti primarie fossili e rinnovabili, sui relativi problemi di impatto ambientale, sugli impianti termotecnici ed elettrici, sull'uso razionale dell'energia.

L'Orientamento Tecnologie Energetiche Avanzate prepara gli allievi all'approfondimento di aspetti di base e alla comprensione delle peculiarità di impianti per la produzione e l'utilizzazione dell'energia sia da combustibili fossili che da fonti nucleari e rinnovabili, fornendo conoscenze sugli inscindibili problemi tecnologici, ambientali, radioprotezionistici e di sicurezza ad essi collegati.

1° anno - CFU 57		
I ciclo	II ciclo	III ciclo
ANALISI MATEMATICA L-A SSD MAT-05 (CFU 6, ore 60)	ANALISI MATEMATICA L-B SSD MAT-05 (CFU 6, ore 60)	MECCANICA RAZIONALE L SSD MAT-07 (CFU 6, ore 60)
ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE L SSD ING-IND/35 (CFU 6, ore 60)	FISICA GENERALE L A SSD FIS-01 (CFU 6, ore 60)	FISICA GENERALE L B SSD FIS-01 (CFU 6, ore 60)
GEOMETRIA E ALGEBRA L SSD MAT-05 (CFU 6, ore 60)	FONDAMENTI DI INFORMATICA L SSD ING-INF/05 (CFU 6, ore 60)	FONDAMENTI DI CHIMICA L SSD CHIM-07 (CFU 6, ore 60)
LINGUA STRANIERA: INGLESE (CFU 3)		

2° anno - CFU 56			
I ciclo	II ciclo	III ciclo	
MECCANICA DEI SOLIDI E COMPORTAMENTO MECCANICO DEI MATERIALI L (corso integrato) SSD ICAR/08 e ING-IND/14 (CFU 6, ore 60)	DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE L SSD ING-IND/15 (CFU 6, ore 60) ELETTROTECNICA L SSD ING-IND/31 (CFU 6, ore 60)	TECNOLOGIE GENERALI DEI MATERIALI L SSD ING-IND/16 (CFU 3, ore 30)	A SCELTA (°) (CFU 3, ore 30)
TERMODINAMICA APPLICATA L SSD ING-IND/10 (CFU 6, ore 60) FONDAMENTI DI MECCANICA DELLE MACCHINE L SSD ING-IND/13 (CFU 6, ore 60)	MOTO DEI FLUIDI E TERMOCINETICA L SSD ING-IND/10 (CFU 6, ore 60)	MACCHINE L SSD ING-IND/08 (CFU 6, ore 60) FONDAMENTI DELL'INGEGNERIA DI PROCESSO L SSD ING-IND/24 (CFU 5, ore 50) CONVERSIONE ELETTROMECCANICA DELL'ENERGIA L SSD ING-IND/32 (CFU 3, ore 30)	

(°) Elenco suggerito dal Consiglio di Corso di Laurea:
- LABORATORIO DI CAD L (CFU 3) Fruito dai Meccanici
- LABORATORIO DI METALLURGIA L (CFU 3) Fruito dai Meccanici

3° anno - CFU 67 Orientamento Termofluidodinamica e Sistemi Energetici		
I ciclo	II ciclo	III ciclo
ELETTRONICA L (+) SSD ING-INF/01 (CFU 6, ore 60)	TECNOLOGIE SOSTENIBILI PER L'USO DI RISORSE ENERGETICHE L SSD ING-IND/25 (CFU 5, ore 50)	IMPIANTI MECCANICI L SSD ING-IND/17 (CFU 6, ore 60) MACCHINE L SSD ING-IND/08 (CFU 6, ore 60)
SISTEMI ENERGETICI L SSD ING-IND/09 (CFU 10, ore 100)	PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA SSD ING-IND/33 (CFU 6, ore 60)	A SCELTA(*) (CFU 6, ore 60)
IMPIANTI TECNICI L SSD ING-IND/11 (CFU 6, ore 60)	ENERGETICA L SSD ING-IND/10 (CFU 6, ore 60)	LABORATORI e/o TIROCINIO (CFU 9) PROVA FINALE (CFU 6)

Orientamento Tecnologie Energetiche Avanzate		
I ciclo	II ciclo	III ciclo
ELETTRONICA APPLICATA L SSD ING-INF/01 (CFU 6, ore 60)	TECNOLOGIE SOSTENIBILI PER L'USO DI RISORSE ENERGETICHE L SSD ING-IND/25 (CFU 5, ore 50)	SICUREZZA E ANALISI DI RISCHIO L SSD ING-IND/19 (CFU 6, ore 60) MACCHINE L SSD ING-IND/08 (CFU 6, ore 60)
SISTEMI ENERGETICI L SSD ING-IND/09 (CFU 11, ore 110)	PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA SSD ING-IND/33 (CFU 6, ore 60)	A SCELTA(*) (CFU 6, ore 60)
FONDAMENTI E APPLICAZIONI DELL'ENERGIA NUCLEARE L SSD ING-IND/18 (CFU 6, ore 60)	PROTEZIONE DALLE RADIAZIONI L SSD ING-IND/18-19-20 (CFU 6, ore 60)	LABORATORI e/o TIROCINIO (CFU 9) PROVA FINALE (CFU 6)

(+) Solo per studenti che non l'hanno seguito nel secondo anno di corso.
(*) Elenco suggerito dal Consiglio di Corso di Laurea:
- ING-IND/16 TECNOLOGIE DEI MATERIALI NON CONVENZIONALI L (CFU 6) non acceso A.A. 2003/04
- ING-IND/19 TECNOLOGIA DEI MATERIALI NUCLEARI L (CFU 6) non acceso A.A. 2003/04
- **Tutti gli insegnamenti tipici di TEA per chi ha scelto l'orientamento TSE e viceversa.**

LABORATORI DIDATTICI
- LABORATORIO COMPUTAZIONALE DI TERMOFLUIDODINAMICA L (3 CFU)
- LABORATORIO DI RADIOPROTEZIONE L (3 CFU)
- LABORATORIO DI SPERIMENTAZIONE SULLE MACCHINE E I SISTEMI ENERGETICI L (3 CFU)
- LABORATORIO DI TECNOLOGIE DEI MATERIALI E APPLICAZIONI INDUSTRIALI DEI PLASMI L (3 CFU)

Corso di Studio: **Laurea in Tecnico del Territorio**
Classe: **7- Urbanistica e Scienze della Pianificazione Territoriale e Ambientale**
Facoltà: **Ingegneria – Sede di Ravenna**

Presidente del Consiglio di Corso di Studio: Prof. Carlo Monti

Obiettivi formativi specifici

Il Corso di Laurea, che arricchisce ad un livello Universitario la tradizionale preparazione della professione del Geometra, conferisce una particolare competenza, dal punto di vista tecnico e multisciplinare, sia nei settori tipici e qualificanti edile, topo-cartografico e ambientale, sia in quelli economico-estimativo e giuridico.

Tali obiettivi si possono sintetizzare in:

- possedere le conoscenze di base per analizzare i processi di trasformazione della città e del territorio
- conoscere le teorie, i metodi e le tecniche di analisi delle forme e delle relazioni funzionali dell'ambiente fisico e dei suoi processi evolutivi

- possedere le conoscenze di base relative alla pianificazione e progettazione urbanistica, territoriale, ambientale
- essere in grado di analizzare il montaggio e la gestione dei progetti complessi e dei programmi di opere pubbliche
- possedere le conoscenze di base per valutare gli effetti delle azioni di pianificazione sul contesto insediativo, ambientale, paesaggistico, sociale ed economico
- essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, nella lingua inglese, oltre l'italiano
- Essere e diventare esperti nelle tecniche di valutazione dell'estimo civile, legale, agrario, del territorio e ambientale;
- avere la conoscenza dei profili dell'economia applicata e dell'estimo con particolari qualificazioni in quello rurale ed edilizio;
- saper applicare la normativa specifica necessaria alla professione del Geometra Laureato; ad esempio sui diritti reali, le successioni, gli appalti pubblici, la sicurezza sul lavoro, i reati edilizi.
- avere una buona preparazione culturale economica e giuridica di base;
- conoscere le basi dell'ordinamento giuridico in ambito privatistico, amministrativo e penale dell'urbanistica, dell'edilizia e nelle tematiche ambientali e tributarie
- saper applicare la normativa specifica necessaria nella professione del Geometra Laureato; ad esempio sui diritti reali, le successioni, gli appalti pubblici, la sicurezza sul lavoro, i reati edilizi,...
- saper progettare, realizzare, monitorare e gestire gli interventi di trasformazione dei beni architettonici, industriali e del territorio, attraverso costruzioni civili

I laureati del corso potranno esercitare la libera professione oppure svolgere la propria attività presso le istituzioni e gli enti pubblici e privati operanti per la trasformazione ed il governo della città e del territorio, nell'ambito delle aree di analisi del territorio, progettazione, direzione lavori e sicurezza, consulenza estimativa, consulenza tecnico-legale, amministrativa e di rilevamento del territorio, anche nei riflessi tributari.

N.	Insegnamento	Ore di attività frontale	CFU	Anno	CICLO
1	Analisi Matematica L-A	60	6	1	1
2	Analisi Matematica L-B	60	6	1	2
3	Chimica L	50	5	1	1
4	Diritto Urbanistico e Diritto dell'Ambiente L	40	4	1	3
5	Disegno I L, corso integrato formato da 2 moduli			1	
	Fondamenti e applicazioni di geometria descrittiva L	50	4		2
	Disegno Edile L	50	4		3
6	Ecologia Applicata L	40	4	1	2
7	Elementi di Diritto L, corso integrato formato da 2 moduli			1	
	Elementi di DIritto privato L	30	3		1
	Elementi di Diritto Amministrativo L	30	3		1
8	Fisica Generale L	60	6	1	3
9	Storia della scienza e della Tecnica L	40	4	1	1
10	Tecnologia dell'Architettura L, corso integrato formato da 2 moduli			1	
	Elementi di Architettura Tecnica L	50	4		2
	Elementi di Tecnologia dell'Architettura L	50	4		3

Corso di studio: **Laurea Spec.ca in Ingegneria delle Telecomunicazioni**
Classe: **30/S – Ingegneria delle telecomunicazioni**
Facoltà: **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di studio: Prof. Alessandro Lipparini

Obiettivi formativi

I laureati specialistici della classe in INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI devono:

- conoscere approfonditamente gli aspetti teorico-scientifici della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;
- conoscere approfonditamente gli aspetti teorico-scientifici dell'ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli dell'ingegneria delle telecomunicazioni, nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere, anche in modo innovativo, problemi complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;
- essere capaci di ideare, pianificare, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e/o innovativi;
- essere capaci di progettare e gestire esperimenti di elevata complessità;
- essere dotati di conoscenze di contesto e di capacità trasversali;
- avere conoscenze nel campo dell'organizzazione aziendale (cultura d'impresa) e dell'etica professionale;
- essere in grado di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

I laureati specialistici in Ingegneria delle Telecomunicazioni avranno una conoscenza approfondita delle materie specifiche della classe, con particolare riguardo ai settori delle reti e dei sistemi di telecomunicazione, della elaborazione e trasmissione dell'informazione, dei servizi di telecomunicazione, della progettazione di dispositivi, circuiti e apparati per telecomunicazioni, della propagazione libera e guidata del campo elettromagnetico. La cultura specialistica sarà integrata da materie di base, affini e integrative volte alla definizione di una figura professionale ad ampio spettro. Le attrezzature informatiche ed i laboratori, già presenti nella sede ed in fase di ulteriore incremento, permetteranno di approfondire gli aspetti pratico/applicativi. Potranno essere svolte anche attività di tirocinio utilizzando la collaborazione di enti pubblici e privati presenti sul territorio.

Le capacità che si forniranno agli Studenti sono:

- attitudine alla progettazione avanzata di componenti, sistemi e processi, anche di particolare complessità e grado di innovazione, con l'utilizzazione di moderni metodi di calcolo e progetto;
- approfondita conoscenza dei sistemi tipici del settore;
- capacità di ideazione di componenti, sistemi e processi innovativi;
- capacità organizzative e gestionali anche in sistemi industriali complessi.

L'Ateneo organizza, in accordo con enti pubblici e privati, VWDJHV e tirocini. Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 50 per cento dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

Gli ambiti professionali tipici per i laureati specialistici della classe sono quelli dell'innovazione e dello sviluppo della produzione, della progettazione avanzata, della pianificazione e della

programmazione, della gestione di sistemi complessi, sia nella libera professione sia nelle imprese manifatturiere o di servizi che nelle amministrazioni pubbliche. I laureati specialistici potranno trovare occupazione presso imprese di progettazione, produzione ed esercizio di apparati, sistemi e infrastrutture riguardanti l'acquisizione e il trasporto delle informazioni e la loro utilizzazione in applicazioni telematiche; imprese pubbliche e private di servizi di telecomunicazione e telerilevamento terrestri o spaziali; enti di controllo del traffico aereo, terrestre e navale.

1° anno – 9 Moduli obbligatori					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
Metodi numerici per l'Ingegneria LS	6	Sistemi di telecomunicazioni LS	6	Sistemi a portante ottica LS	6
Sistemi d'antenna LS	6	Reti di telecomunicazioni LS	6	Teletraffico LS	6
Elettronica dei Sistemi Digitali LS	6	Propagazione LS-A	6	Propagazione LS-B	6

2° anno – 4 obbligatorietà, 3 moduli di percorso, 1 scelta libera					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
Sistemi Radio LS	6	Trasmissione Numerica LS	6	Modulo di percorso (o scelta libera)	6
Componenti e Circuiti a Radiofrequenza LS	6	Modulo di percorso (o scelta libera)	6	Modulo di percorso (o scelta libera)	6
Modelli e Applicazioni in Reti di Calcolatori LS	6	Modulo di percorso (o scelta libera)	6	Prova finale	12

Moduli a scelta (tipologie B e C) e altre attività formative (tipologia F)					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
		Elaborazione ottica dei segnali LS	6	Progetto di circuiti a radiofrequenza LS	6
		Tecnologie per la sicurezza LS	6	Sistemi di Commutazione LS	6
		Reti di Calcolatori LS	6	Sistemi distribuiti LS	6
Elettronica delle telecomunicazioni LS-A	6	Elettronica delle telecomunicazioni LS-B	6	Sistemi integrati per l'analisi spettrale LS	6
				Elettronica Applicata LS	6
Economia dell'ICT L-A (3b)	3	Laboratorio di creazione di impresa L-A (3b)	6	Affidabilità e controllo di qualità L-A (3a)	6
Economia dei mercati e analisi degli indici economici L-A (3b)	3	Sistemi di gestione integrati L-A (3a)	6	Politica tecnologica e della ricerca nell'Unione Europea L-A (3a)	6
				Tirocinio	6

Nota 1: I corsi guidati offerti corrispondono all'attivazione parziale dei percorsi 1 (Telecomunicazioni), 2 (Elaborazione dei segnali), 3 (Elettromagnetismo), 4 (Elettronica), 5 (Informatica). Lo Studente può scegliere anche utilizzando più percorsi.

Corso di studio: **Laurea Spec.ca europea in Ingegneria Edile-Architettura**
Classe: **4/S – Scienze dell'architettura e dell'ingegneria edile**
Facoltà: **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di studio: Prof. Alberto Corlaita

Obiettivi formativi

Il Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Edile-Architettura ha l'obiettivo di assicurare una approfondita e specifica conoscenza nei settori scientifico disciplinari dell'Architettura e dell'Ingegneria Edile.

In particolare, i laureati specialisti della classe devono:

- conoscere approfonditamente la storia dell'architettura e dell'edilizia, gli strumenti e le forme della rappresentazione, gli aspetti teorico-scientifici oltre che metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base; saranno, inoltre, capaci di utilizzare tali conoscenze per interpretare e descrivere approfonditamente problemi dell'architettura e dell'edilizia complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;
- conoscere approfonditamente gli aspetti teorico scientifici, oltre che metodologico-operativi, relativi agli ambiti disciplinari caratterizzanti il corso di studio seguito al fine di utilizzare tali conoscenze per identificare, formulare e risolvere anche in modo innovativo problemi dell'architettura e dell'edilizia complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;
- avere conoscenze nel campo dell'organizzazione aziendale (cultura d'impresa) e dell'etica professionale;
- essere in grado di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

I laureati specialisti della classe sono in grado di progettare, attraverso gli strumenti propri dell'architettura e dell'ingegneria edile e avendo padronanza degli strumenti relativi alla fattibilità costruttiva dell'opera ideata, le operazioni di costruzione, trasformazione e modificazione dell'ambiente fisico, con piena conoscenza degli aspetti estetici, distributivi, funzionali, strutturali, tecnico–costruttivi, gestionali, economici e ambientali e con attenzione critica ai mutamenti culturali e ai bisogni espressi dalla società contemporanea. Predispongono progetti di opere e ne dirigono la realizzazione, coordinando a tali fini, ove necessario, altri specialisti e operatori nei campi dell'architettura, dell'ingegneria edile, dell'urbanistica e del restauro architettonico.

Gli atenei organizzano attività esterne come tirocini e stages.

I laureati specialisti potranno svolgere, oltre alla libera professione, funzioni di elevata responsabilità, tra gli altri, in istituzioni ed enti pubblici e privati (enti istituzionali, enti e aziende pubblici e privati, studi professionali e società di progettazione), operanti nei campi della costruzione e trasformazione delle città e del territorio.

Relativamente alla definizione di curricula preordinati alla esecuzione delle attività previste dalle direttive 85/384/CEE, 85/14/CEE, 86/17/CEE e relative raccomandazioni il regolamento didattico di ateneo si conforma alle prescrizioni dell'art. 6, comma 3, del D.M. n. 509/99.

Il corso di laurea specialistica in Ingegneria Edile-Architettura viene istituito presso la Facoltà di Ingegneria con un ordinamento specificatamente strutturato nel rispetto della Direttiva 85/384/CEE concernente i titoli che danno accesso alle attività del settore dell'architettura a livello europeo, assumendo come riferimento lo statuto dell'Università di l'Aquila, approvato dall'U.E. come riportato nella G.U. delle Comunità Europee 1999/C 351/10, unitamente ai corsi di laurea omonimi delle Facoltà di Ingegneria delle Università degli Studi di L'Aquila, Pavia e Roma.

Il corso di laurea in Ingegneria Edile-Architettura ha la finalità di formare una figura professionale specificatamente qualificata per operare a pieno titolo, anche a livello europeo, nel campo della progettazione architettonica e urbanistica.

Su questa base il Corso di Laurea è strutturato in modo da garantire una ripartizione equilibrata tra conoscenze teoriche e pratiche, con un curriculum che riguarda fondamentalmente l'architettura nei suoi vari aspetti e contenuti, da quelli edilizi a quelli urbanistici.

In particolare tende a creare una figura professionale che alla specifica capacità progettuale accompagni la padronanza degli strumenti relativi alla fattibilità costruttiva dell'opera ideata, fino poterne seguire con competenza la corretta esecuzione sotto il profilo estetico, funzionale e tecnico-economico.

Obiettivo culturale e operativo e l'integrazione in senso qualitativo del metodo storico-critico con il metodo scientifico, secondo una impostazione didattica che concepisce la progettazione

come processo di sintesi, evitando così di scadere tanto nel mero tecnicismo, quanto nel vieto formalismo; si tende a una preparazione che identifichi il progetto come momento fondamentale e qualificante del costruire.

Organizzazione della didattica

L'impostazione della didattica è tale da assicurare l'acquisizione di capacità creative e di professionalità legate alla realtà operativa che si deve supporre in continuo divenire; a tale fine sono ammessi modelli pedagogici innovativi e comunque equilibrati sotto il profilo umanistico e scientifico.

La durata del corso di laurea è stabilita in cinque anni.

L'attività didattica di tipo estensivo è di 4280 ore ed è articolata in:

- lezioni, impartite in ciascun insegnamento per dare le conoscenze formative di base e generali;
- esercitazioni applicative;
- laboratori progettuali effettuati sotto la guida collegiale di più docenti della medesima area disciplinare o di aree diverse, per accrescere negli allievi le capacità di analisi o di sintesi dei molteplici fattori che intervengono nella progettazione architettonica e urbanistica;
- stages e tirocini finalizzati a porre l'allievo in contatto diretto con il mondo professionale e con il settore dell'industria edilizia secondo specifici programmi predisposti dal consiglio di corso di laurea; l'attività di tirocinio dovrà essere svolta in Italia o in altro Paese dell'UE, presso facoltà, studi professionali ed enti pubblici o privati che operano nel campo dell'architettura e/o dell'urbanistica.

L'ordinamento didattico è formulato con riferimento ad aree disciplinari intese come insiemi di discipline raggruppate, per le quali, è definito il numero minimo dì ore di attività didattica, in modo da raggiungere definiti obiettivi didattico-formativi. In rapporto ai contenuti didattici e alle finalità formative che caratterizzano i singoli insegnamenti si hanno le seguenti aree disciplinari:

1. • Area della storia dell'architettura e dell'arte;
2. • Area della rappresentazione e del rilievo;
3. • Area della matematica e della fisica
4. • Area economica giuridica e sociologica;
5. • Area della progettazione architettonica e del restauro;
6. • Area dell'urbanistica;
7. • Area della produzione edilizia e delle tecnologie edilizie;
8. • Area della progettazione e delle tecnologie delle strutture.

I regolamenti didattici di ateneo determinano, con riferimento all'art. 5, comma 3, del decreto ministeriale 3 novembre 1999, n. 509, la frazione dell'impegno orario complessivo riservato allo studio o alle altre attività formative di tipo individuale in funzione degli obiettivi specifici della formazione avanzata e dello svolgimento di attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

I Anno	Ciclo	Lez.	Es.	Lab.
Analisi matematica 1	1	60	20	
Informatica grafica	1	60	20	
Storia dell'Architettura 1	1	80	40	
Laboratorio progettuale di Storia dell'architettura 1	1			30
Geometria	2	60	20	
Disegno dell'architettura 1	2	60	60	
Laboratorio progettuale di Disegno dell'architettura 1	2			60
Fisica generale	2	60	20	
Totale		**380**	**180**	**80**
Totale I anno	**650**			
Totale ore I ciclo	**340**			
Totale ore II ciclo	**310**			

II Anno	Ciclo	Lez.	Es.	Lab.
Analisi matematica 2	1	60	20	
Disegno dell'architettura 2	1	60	60	
Laboratorio progettuale di Disegno dell'architettura 2	1			60
Legislazione OO.PP. e dell'edilizia, Diritto Urbanistico e Sociologia C.I.	1	60	60	
Meccanica razionale	2	60	20	
Estimo	2	60	60	
Storia dell'Architettura 2	2	80	40	
Laboratorio progettuale di Storia dell'architettura 2	2			30
Totale		**380**	**260**	**90**
Totale II anno	**730**			
Totale I ciclo	**380**			
Totale II ciclo	**350**			

III Anno	Ciclo	Lez.	Es.	Lab.
Scienza delle costruzioni	1	60	60	
Laboratorio progettuale di Scienza delle Costruzioni	E			30
Architettura tecnica 1	1	60	60	
Laboratorio progettuale di Architettura tecnica 1	1			60
Urbanistica	1	60	60	
Laboratorio progettuale di Urbanistica	1			60
Fisica tecnica ambientale	2	80	40	
Architettura e Composizione Architettonica 1	2	60	60	
Laboratorio progettuale di Architettura e Composizione Architettonica 1	2			60
Idraulica e Costruzioni idrauliche (urbane) C.I.	2	80	40	
Totale		**380**	**340**	**210**
Totale III anno	**930**			

IV Anno	Ciclo	Lez.	Es.	Lab.
Tecnica delle costruzioni	E	60	60	
Laboratorio progettuale di Tecnica delle Costruzioni	E			30
Architettura tecnica 2	E	60	60	
Laboratorio progettuale di Architettura tecnica 2	E			60
Tecnologia dei materiali e chimica applicata	1	60	20	
Tecnica urbanistica	2	60	60	
Laboratorio progettuale di Tecnica Urbanistica	1			60
Architettura e Composizione Architettonica 2	2	60	60	
Laboratorio progettuale di Architettura e Composizione Architettonica 2	2			60
Organizzazione del cantiere	2	60	60	
Laboratorio progettuale di Tecnologie Edilizie	1+2			60
Totale		**360**	**320**	**270**
Totale IV anno	**950**			
Estensivi	**330**			
Totale I ciclo	**280**			
Totale II ciclo	**340**			

V Anno	Ciclo	Lez.	Es.	Lab.
Architettura e Comp. Architett.3	E	60	60	
Laboratorio Architettura e Comp. Arch. 3	E			60
Geotecnica	2	60	60	
Restauro architettonico	1	60	60	
Laboratorio Restauro Architettonico	1			60
1 insegnamento d'orientamento a scelta tra:	2	60	60	
ORIENTAMENTO A				
- Architettura e Comp. Architettonica 4				
- Architettura tecnica e tipologie edilizie				
ORIENTAMENTO B				
- Architettura e Comp. Architettonica 4				
- Progettazione urbanistica (1 ciclo)				
ORIENTAMENTO C				
- Architettura e Comp. Architettonica 4				
- Architettura tecnica 3				
1 insegnamento d'orientamento a scelta tra:	2	60	60	
ORIENTAMENTO A				
- Recupero e conservazione degli edifici				
- Chimica e tecnologia del restauro e della conservazione dei materiali				
- Costruzioni in zona sismica				
- Rilievo dell'architettura				
ORIENTAMENTO B				
- Costruzioni di strade, ferrovie e aeroporti				
- (1° ciclo)				
- Tecnica urbanistica 2				
- (1° ciclo)				
- Topografia + Fotogrammetria				
ORIENTAMENTO C				
- Tecnica delle costruzioni 2				
- (1° ciclo)				
- Impianti elettrici				
- Impianti tecnici				
- Tecniche di produzione e conservazione dei materiali edilizi				
Totale		300	300	120
Totale V anno	720			
Totale		1820	1380	780
Lingua inglese				
Prova finale				
Laboratorio tesi di laurea				300
Stage e tirocini				Max 200
Totale		1820	1380	1080
Totale ore	***4280***			

Corso di studio: **Laurea Spec.ca in Ingegneria Elettrica**
Classe: **31/S Ingegneria Elettrica**
Facoltà: **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di studio: Prof. Ugo Reggiani

Obiettivi formativi specifici

Il laureato specialistico in Ingegneria Elettrica deve essere in grado di applicare gli strumenti analitici e le conoscenze relative alle tecnologie avanzate tipiche del settore anche ad altri comparti di punta dell'ingegneria. In particolare, la laurea specialistica deve dare una vasta preparazione scientifica e tecnico-professionale nell'ambito elettrico con ottime conoscenze ingegneristiche di base, capacità di innovazione tecnologica e progettuale e specifiche conoscenze elettri-

che. La figura professionale dovrà essere in grado di progettare, realizzare e gestire complesse attività, anche innovative, nell'ambito della produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica, della produzione di apparecchiature e macchinari elettrici e sistemi elettronici di potenza.

1° Anno					
I ciclo	CFU	II ciclo	CFU	III ciclo	CFU
Complementi di analisi matematica LS	6	Conversione statica dell'energia LS Ingegneria dei sistemi energetici		Macchine elettriche LS Strumentazione elettronica di	5
Economia pubblica dell'energia LS	5	LS	5	misura LS	6
Complementi di elettrotecnica LS	6	Elettromagnetismo applicato LS	5	Controlli automatici LS	5

2° Anno					
I ciclo	CFU	II ciclo	CFU	III ciclo	CFU
Dinamica delle macchine LS (*) Sistemi elettrici per l'energia con metodologie di progettazione di impianti elettrici LS (corso integrato)@	5 11	Modellistica ed ingegneria dei materiali elettrici LS	5	Dinamica degli azionamenti elettrici LS	5
3 corsi a scelta tra i 5 proposti nei due indirizzi 15					
1. Applicazioni Industriali Elettriche					
		Metodologia di progetta-zione delle macchine elettriche LS	5	Elettronica LS Modellistica dei sistemi elettromec-	5
Sensori e trasduttori LS	5	Tecnologie elettriche innovative LS	5	canici LS	5
2. Produzione e Trasmissione dell'Energia Elettrica					
		Manutenzione e diagnostica dei sistemi elettrici LS Misure e collaudo di macchine e	5	Impianti di produzione dell'energia elettrica LS	5
Ingegneria dei plasmi LS	5	impianti elettrici LS	5	Tecnica delle alte tensioni LS	5
Crediti a scelta libera (**) 10					
Tirocinio LS 9 Prova Finale LS 12					
Crediti totali I e II anno - **Laurea Specialistica LS CFU 120**					
Crediti acquisiti nei primi tre anni - **Laurea L CFU 180**					
Crediti complessivi: **Laurea+ Laurea Specialistica TOT CFU 300**					

(*) Solo per gli Studenti iscritti al I anno della LS a partire dall' A.A. 2003/2004
(**) Il Consiglio di Corso di Studi propone agli studenti di utilizzare questi 10 crediti per completare i 5 corsi l'indirizzo scelto, indicando i 2 corsi rimanenti. In alternativa, è comunque consigliato scegliere 2 corsi tra quelli complessiva-mente indicati nei due indirizzi.

Corso di studio: **Laurea Spec.ca in Ingegneria Elettronica**
Classe: **32/S Ingegneria Elettronica**
Facoltà: **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di studio: Prof. Massimo Rudan

Obiettivi formativi specifici

I laureati specialistici in Ingegneria elettronica avranno una conoscenza approfondita delle materie specifiche della classe, con particolare riguardo ai settori della progettazione avanzata,

dello sviluppo di sistemi tipici del settore, e della ideazione di componenti, sistemi e processi innovativi. Largo spazio sarà riservato all'apprendimento dei moderni metodi di progettazione assistita e di modellistica e simulazione.

Le attrezzature informatiche ed i laboratori, già presenti nella sede e in fase di ulteriore incremento, permetteranno di approfondire gli aspetti applicativi. Sarà promossa la collaborazione con Enti pubblici e privati presenti sul territorio per rendere possibile un'attività di tirocinio.

Le capacità che si forniranno agli Studenti sono:

Attitudine alla progettazione avanzata di componenti, sistemi e processi, anche di particolare complessità e grado di innovazione, con l'utilizzazione di moderni metodi di calcolo e progetto.

Capacità organizzative anche in sistemi industriali complessi.

Approfondita conoscenza dei sistemi tipici del settore.

Capacità di ideazione di componenti, sistemi e processi innovativi.

Attività formative obbligatorie

N.[1]	Insegnamento	SSD - Tipol.	Ore di attività frontale	CFU	Anno di corso	Ciclo
O-1	Elettronica dei sistemi digitali LS	ING-INF/01 B	60	6	1	2
O-2	Elaborazione elettronica dei segnali digitali LS	ING-INF/01 B	60	6	1	3
O-3	Microelettronica LS	ING-INF/01 B	60	6	1	1
O-4	Progetto di circuiti analogici LS	ING-INF/01 B	60	6	1	1
O-5	Sistemi d'antenna LS	ING-INF/02 B	60	6	1	1
O-6	Calcolatori elettronici LS	ING-INF/05 C	60	6	1	2
O-7	Prova finale	— E	—	12	2	
Totale dei crediti obbligatori di tipo A, B, C, E: 48						

Attività formative a scelta guidata

N.[1]	Insegnamento	SSD - Tipol.	Ore di attività frontale	CFU	Anno di corso	Ciclo
A - Sistemi elettronici per le telecomunicazioni						
	Dinamica dei sistemi non lineari e aleatori LS	Mat/07 A	60	6°	1	3
	Elaborazione statistica dei segnali nei sistemi elettronici LS	Ing-Inf/01 B	60	6	2	1
	Architetture digitali per l'eleborazione dei segnali LS	Ing-Inf/01 B	60	6	2	2
	Elettronica delle telecomunicazioni LS A	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	1
	Laboratorio di elettronica dei sistemi digitali LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	1	2
1 insegnamento tra i seguenti 3:						
	Sistemi di telecomunicazione LA	Ing-Inf/03 C	60	6°	2	1
	Analisi matematica LS	Mat/05 A	60	6°	2	1
	Progetto di circuiti a radiofrequenza LS	Ing-Inf/02 B	60	6°	2	3
1 insegnamento tra i seguenti 4:						
	Trasmissione numerica LS	Ing-Inf/03 C	60	6°	2	2
	Elettronica delle telecomunicazioni LSB	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	2
	Metodologie di progettazione Hardware e softeare LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	2
	Tecnologie web LA	Ing-Inf/05 C	60	6°	2	2
1 insegnamento tra i seguenti 2:						
	Elettronica dello stato solido LS-A	Ing-Inf/01 B	60	6°	1	3
	Elaborazione ottica dei segnali LS	Ing-Inf/02 B	60	6°	1	2
1 insegnamento tra i seguenti 2:						
	Sistemi di telecomunicazione LS	Ing-Inf/03 C	60	6°	2	2
	Metodi numerici per l'ingegneria LS	Mat/08 A	60	6°	2	1
1 insegnamento tra i seguenti 3:						
	Sistemi integrati per l'analisi spettrale LS	Ing-Inf/01 B	60	6	2	3
	Componenti e circuiti a radiofrequenza LS	Ing-Inf/02 B	60	6	2	1
	Sistemi a portante ottica LS	Ing-Inf/02 B	60	6	2	3

[1] La numerazione delle attività formative obbligatorie segue il seguente schema: O-n, dove O indica che si tratta si attività formativa obbligatoria e n è il numero d'ordine dell'attività formativa.

Attività a scelta autonoma dello studente suggerite dal CCDS (Tipologia D)

Per la scelta del modulo di tipo D si consiglia uno dei moduli di questa tabella che non è già presente nel percorso dello Studente, oppure Sistemi distribuiti LS.

B - Sistemi elettronici per l'automazione					
Dinamica dei sistemi non lineari e aleatori LS	Mat/07 A	60	6°	1	3
Elettronica industriale LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	2
Metodi numerici per l'ingegneria LS	Mat/08 A	60	6°	2	1
Sistemi a microprocessore LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	1
Architetture digitali per l'elaborzione del segnale LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	1	2
Elaborazione statistica dei segnali nei sistemi elettronici LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	1
1 insegnamento tra i seguenti 2:					
Sistemi elettronici ad alta affidabilità LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	1	3
Sensori a stato solido LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	1	3
1 insegnamento tra i seguenti 4:					
Sistemi di controllo digitale LA	Ing-Inf/04 C	60	6°	2	2
Ingegneria e tecnologie dei sistemi di controllo LA	Ing-Inf/04 C	60	6°	2	1
Robotica industriale LA	Ing-Inf/04 B	60	6°	2	1
Laboratorio di elettronica dei sistemi digitali LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	2
1 insegnamento tra i seguenti 3:					
Sistemi integrati per l'analisi spettrale LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	3
Sensori e trasduttori LS	Ing-Inf/07 B	60	6°	2	1
Azionamenti elettrici L	Ing-Ind/32 C	60	6	2	2

Attività a scelta autonoma dello studente suggerite dal CCDS (Tipologia D)

Per la scelta del modulo di tipo D si consiglia uno dei moduli di questa tabella che non è già presente nel percorso dello Studente, oppure Trasmissione del calore LS, Sistemi distribuiti LS.

C - Sistemi elettronici per l'elaborazione dell'informazione					
Laboratorio di elettronica dei sistemi digitali LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	1	2
Sistemi elettronici ad alta affidabilità LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	1	3
Architetture digitali per l'elaborazione del segnale LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	2
Elaborazione statistica dei segnali nei sistemi elettronici LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	1
Metodologie di progettazione hardware-software LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	2
Metodi numerici per l'ingegneria LS	Mat/08 A	60	6°	2	1
1 insegnamento tra i seguenti:					
Dinamica dei sistemi non lineari e aleatori LS	Mat/07 A	60	6°	1	3
Sistemi integrati per l'analisi spettrale LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	1	3
Tecnologie per la sicurezza LS	Ing-Inf/05 C	60	6°	1	2
Sistemi operativi L A	Ing-Inf/05 C	60	6°	1	3
Modelli e applicazioni in reti di calcolatori LS	Ing-Inf/05 C	60	6°	1	1
2 insegnamenti tra i seguenti:					
Metodi numerici per la grafica L S	Mat/08 A	60	6°	2	1
Strumentazione digitale L S	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	1
Elettronica industriale LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	2
Sensori a stato solido L S	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	3
Trasmissione numerica L S	Ing-Inf/03 C	60	6°	2	2
Strumentazione biomedica L S	Ing-Inf/06 C	60	6°	2	3
Tecnologie WEB L A	Ing-Inf/05 C	60	6°	2	2
Sistemi distribuiti LS	Ing-Inf/05 C	60	6°	2	3
1 insegnamento tra i seguenti 2:					
Analisi matematica L S	Mat/05 A	60	6°	2	1
Sistemi a microprocessore LS	Ing-Inf/01 B	60	6	2	1

Attività a scelta autonoma dello studente suggerite dal CCDS (Tipologia D)

Per la scelta del modulo di tipo D si consiglia uno dei moduli di questa tabella che non è già presente nel percorso dello Studente, oppure uno dei seguenti: Ottimizzazione combinatoria LS, Matematica discreta LS, Reti di telecomunicazioni LS, Sistemi di telecomunicazione LS.

D-Sistemi elettronici per applicazioni biomediche					
Biomeccanica LS	Ing-Ind/34 C	60	6°	1	1
Metodi numerici per l'ingegneria LS	Mat/08 A	60	6°	2	1
Elettronica dello stato solido LS-B	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	2
Sensori a stato solido LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	3
Sistemi intelligenti naturali e artificiali LS	Ing-Inf/06 C	60	6°	2	1
Bioingegneria molecolare e cellulare LS	Ing-Inf/06 C	60	6°	2	2
Bioingegneria LS	Ing-Inf/06 C	60	6°	1	3
Ingegneria clinica LS	Ing-Inf/06 C	60	6	2	3
Bioimmagini LS	Ing-Inf/06 C	60	6	2	1
1 insegnamento tra i seguenti 2:					
Sistemi integrati per l'analisi spettrale LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	1	3
Strumentazione biomedica LS	Ing-Inf/06 C	60	6	1	3

Attività a scelta autonoma dello studente suggerite dal CCDS (Tipologia D)

Per la scelta del modulo di tipo D si consiglia uno dei moduli di questa tabella che non è già presente nel percorso dello Studente, oppure uno dei seguenti: Chimica fisica dei materiali solidi LS-A, Tecnologie per la sicurezza LS, Sistemi intelligenti naturali e artificiali LS.

E-Microelettronica e Sistemi elettronici sensoriali					
Analisi matematica LS	Mat/05 A	60	6°	2	1
Metodi numerici per l'ingegneria LS	Mat/08 A	60	6°	2	1
Elettronica dello stato solido LS-B	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	2
Elaborazione statistica dei segnali nei sistemi elettronici LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	1
Sistemi elettronici ad alta affidabilità L S	Ing-Inf/01 B	60	6°	1	3
Elettronica dello stato solido LS-A	Ing-Inf/01 B	60	6°	1	3
Architetture digitali per l'elaborazione del segnale LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	2
Laboratorio di elettronica dei sistemi digitali LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	1	2
1 insegnamento tra i seguenti 2:					
Sistemi integrati per l'analisi spettrale LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	3
Sensori a stato solido LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	3
1 insegnamento tra i seguenti 4:					
Strumentazione digitale LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	1
Chimica fisica dei materiali solidi LS B	Ing-Ind/23 C	60	6°	2	3
Elettronica industriale LS	Ing-Inf/01 B	60	6°	2	2
Sensori e trasduttori LS	Ing-Inf/07 B	60	6°	2	1

Attività a scelta autonoma dello studente suggerite dal CCDS (Tipologia D)

Per la scelta del modulo di tipo D si consiglia uno dei moduli di questa tabella che non è già presente nel percorso dello Studente, oppure uno dei seguenti: Chimica fisica dei materiali solidi LS-A, Tecnologie per la sicurezza LS, Sistemi intelligenti naturali e artificiali LS.

N.	Attività formative di tipo D, F	SSD - Tipol.	Ore di attività frontale	CFU	Anno di corso
1	A scelta	— D	—	6	2
2	Altre attività	— F	—	6	2
	Totale crediti delle attività formative di tipo D, F: 12				

Totale dei crediti obbligatori di tipo A, B, C, E:	48
Totale dei crediti obbligatori di scelta guidata:	60
Totale dei crediti delle attività formative di tipo D, F:	12
Totale:	120

N.[3]	Attività formativa disponibili per il tipo F	SSD - Tipol.	Ore di attività frontale	CFU	Anno di corso	Ciclo
F-1	Tirocinio LS	— F	min 130 max 170	6	2	
F-2	Politica tecnologica e della ricerca nell'Unione Europea L-A	— F	60	6	2	3
F-3	Sistemi di gestione integrati L-A	— F	60	6	2	2
F-4	Economia dell'ICT L-A	— F	30	3	2	1
F-5	Laboratorio di Matematica computazionale L-A	— F	30	3	2	1

[3] La numerazione delle attività formative di tipo F segue il seguente schema: F-n, dove F indica che si tratta si attività formativa di tipo F e n è il numero d'ordine dell'attività formativa.

Corso di studio: **Laurea Spec.ca in Ingegneria Informatica**
Classe: **35/S Ingegneria Informatica**
Facoltà: **Ingegneria – Sede di Bologna**

Presidente del Consiglio di Corso di studio: Prof. Eugenio Faldella

Obiettivi formativi specifici

Il corso di laurea specialistica si prefigge l'obiettivo di formare progettisti di sistemi informatici con una solida preparazione metodologica ed una adeguata conoscenza dei modelli tipici del settore, degli standard che da essi derivano e delle tecnologie più avanzate disponibili per realizzarli. I laureati specialistici dovranno essere capaci di concepire, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e/o innovativi sia nel settore specifico dell'Informatica, sia in ogni altro comparto in cui le tecnologie dell'informazione rivestano un ruolo di rilievo. A questo scopo vengono ampliate le competenze tecniche e scientifiche di base acquisite con la laurea di primo livello, ponendo in primo piano metodologie e metodi di supporto alla progettazione e gestione del software, dei sistemi operativi, dei sistemi informativi distribuiti, delle reti di calcolatori, delle infrastrutture per la sicurezza delle informazioni e delle architetture ad altissimo livello di integrazione. Sono altresì fornite conoscenze avanzate nei contesti applicativi dell'intelligenza artificiale, dell'elaborazione dell'immagine, dei sistemi in tempo reale e dell'automazione industriale. Sono infine discussi e valutati i risvolti economici, organizzativi e gestionali derivanti dall'uso delle nuove tecnologie.

Il profilo che il complesso delle attività formative intende conseguire è quello di una figura professionale flessibile, atta ad inserirsi in ambiti operativi anche molto differenziati, quali quelli dell'innovazione e dello sviluppo della produzione, della progettazione avanzata, della pianificazione e della programmazione, della gestione di sistemi complessi, sia nella libera professione, sia nelle imprese manifatturiere o di servizi che nelle amministrazioni pubbliche.

1° anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
Controlli automatici LS	6	Matematica discreta LS	6	Ricerca operativa LS	6
Linguaggi e modelli computazionali LS	6	Tecnologie per la sicurezza LS	6	Fondamenti di intelligenza artificiale LS	6
Sistemi digitali LS	6	Sistemi operativi LS	6	Calcolatori elettronici LS	6

2° anno					
I ciclo		II ciclo		III ciclo	
Gestione dell'innovazione e dei progetti LS	6				
Ingegneria del software LS	6	Sistemi informativi LS	6	Sistemi in tempo reale LS	6
Attività formativa a scelta guidata o libera (1)		Reti di calcolatori LS	6	Attività formativa a scelta guidata o libera (1)	
Attività formativa a scelta guidata o libera (1)		Attività formativa a scelta guidata o libera (1)		Attività formativa a scelta guidata o libera (1)	
				Prova finale LS	12

Note:

(1) Tipologia B/C: 12 crediti a scelta guidata. Si operi la scelta nell'ambito delle attività formative di tipologia B o C indicate nella seguente tabella.
Tipologia D 6 crediti a scelta libera. Si suggerisce di operare la scelta nell'ambito delle attività formative di tipologia C o F indicate nella seguente tabella.
Tipologia F: 6 crediti a scelta guidata. Si operi la scelta nell'ambito delle attività formative di tipologia F indicate nella seguente tabella.

I ciclo		II ciclo		III ciclo	
Metodi numerici per la grafica LS	6	Applicazioni di intelligenza artificiale LS	6	Elaborazione dell'immagine LS	6
Algoritmi di ottimizzazione LS	6	Ottimizzazione delle risorse LS	6	Sistemi distribuiti LS	6
Robotica industriale L-A (2a)	6	Sistemi di controllo digitale L-A (2a)	6	Sistemi di controllo distribuito LS	6
Sistemi di telecomunicazione L-A (2b)	6	Sistemi di telecomunicazione LS (2b)	6	Trasmissione numerica L-A (2b)	6
Elaborazione statistica dei segnali nei sistemi elettronici LS (2c)	6	Architetture digitali per l'elaborazione dei segnali LS (2c)	6	Elaborazione elettronica dei segnali digitali LS (2c)	6
Economia dell'ICT L-A (3b)	3	Laboratorio di creazione di impresa L-A (3b)	6	Affidabilità e controllo di qualità L-A (3a)	6
Economia dei mercati e analisi degli indici economici L-A (3b)	3	Sistemi di gestione integrati L-A (3a)	6	Politica tecnologica e della ricerca nell'Unione Europea L-A (3a)	6
				Tirocinio	6

(2) Insegnamenti afferenti ad altri Corsi di Studio:
a) Corso di Laurea in Ingegneria dell'Automazione
b) Corso di Laurea o Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria delle Telecomunicazioni
c) Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Elettronica

(3) Insegnamenti condivisi con altri Corsi di Studio:
a) Corsi di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni e Ingegneria Elettronica
b) Corsi di Laurea in Ingegneria dei Processi Gestionali, Ingegneria delle Telecomunicazioni, Ingegneria Elettronica e Ingegneria Gestionale

VECCHI ORDINAMENTI

Per gli studenti immatricolati fino all'anno accademico 2000/2001

A partire dall'anno accademico 2001/2002 entra in vigore la riforma degli ordinamenti universitari secondo quanto disposto dal D.M. 509/99, pertanto non sarà più possibile effettuare immatricolazioni al primo anno per i corsi di studi sottoindicati, regolamentati dal D.M. 22/5/1995.

2140 Ingegneria Edile
2141 Ingegneria Chimica
2142 Ingegneria Civile
2147 Ingegneria Gestionale
2149 Ingegneria Meccanica
2150 Ingegneria Nucleare
2151 Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio
2163 Ingegneria delle Telecomunicazioni
(per gli immatricolati dall'anno accademico 1999/2000)
2165 Ingegneria Elettrica
(per gli immatricolati dall'anno accademico 1999/2000)
2166 Ingegneria Elettronica
(per gli immatricolati dall'anno accademico 1999/2000)
2168 Ingegneria Informatica
(per gli immatricolati dall'anno accademico 1999/2000)

INFORMAZIONI GENERALI

La Segreteria studenti si trova in Via Saragozza, 10 - Bologna (tel. N° 051-2093990) e-mail: seging@ammc.unibo.it

L'orario di apertura al pubblico è il seguente:
Lunedì-Martedì-Mercoledì-Venerdì dalle ore 9.00 alle ore 11.15
Martedì-Giovedì dalle ore 14.30 alle ore 15.30

Tutte le eventuali disposizioni modificative di quanto riportato dalla presente guida e tutte le eventuali comunicazioni di carattere amministrativo o didattico verranno affisse di volta in volta negli albi della Facoltà e/o della Segreteria studenti.

Si informano gli studenti che indicazioni utili sulle attività dell'Ateneo e della Facoltà, sono disponibili nei rispettivi siti INTERNET: www.unibo.it e www.ing.unibo.it

Il Regolamento didattico di Ateneo ed il Regolamento Studenti sono consultabili al sito Internet www.unibo.it

Iscrizioni ad anni successivi al primo

Agli studenti iscritti ai corsi di studio indicati nel presente fascicolo è assicurata la conclusione del corso ed il rilascio del relativo titolo. (art.35, comma 1-R.d.A)

A partire dall'anno accademico 2001/2002 sono stati eliminati tutti gli sbarramenti previsti per l'iscrizione agli anni successivi al primo per i corsi di studio indicati nel presente fascicolo (art. 35, comma 3-R.d.A.)

Per gli studenti in corso l'iscrizione deve avvenire entro il 30 settembre 2003.

L'iscrizione effettuata oltre tale data e comunque entro il 31/12/2003 comporterà l'obbligo al

pagamento dell'indennità di mora.

Per gli studenti fuori corso l'iscrizione deve avvenire entro il 31 dicembre 2003.

Il pagamento effettuato dopo il 31 dicembre 2003 comporta il pagamento dell'indennità di mora di € 60,00.

Chi ha titolo per iscriversi in corso, lo fa anche se paga la prima rata di tasse dopo il 31 dicembre. **Attenzione!** Sarà, però, assoggettata al pagamento di una **ulteriore** indennità di mora di € 179,00.

In caso di mancato ricevimento del previsto bollettino (MAV), utilizzabile presso qualsiasi istituto bancario, lo studente è tenuto a presentarsi presso gli sportelli della segreteria studenti per il ritiro degli apposti moduli necessari al pagamento entro le scadenze previste.

Passaggi ad altro corso di studi-Alma Mater Studiorum-Università di Bologna

Lo studente può passare ad altro corso di studi dell'Università degli Studi di Bologna, presentando domanda alla Segreteria studenti, redatta su apposito modulo in marca da bollo, entro il 1/12/03 per i corsi a libero accesso o nel periodo e con le modalità indicate nel bando di concorso per quelli a numero programmato.

Lo studente **è tenuto** al versamento della prima rata di tasse, qualora non sia stata già versata, dell'indennità di congedo e a regolarizzare eventuali posizioni debitorie.

Trasferimenti ad altro ateneo

Lo studente può trasferirsi presentando domanda alla Segreteria studenti, redatta su apposito modulo in marca da bollo, entro il 1/12/03, fatte salve eventuali diverse scadenze previste dai bandi limitatamente ai trasferimenti su corsi a numero programmato.

Lo studente **non è tenuto** al pagamento della prima rata di tasse per l'anno accademico successivo: È tenuto, invece, a versare un'indennità di congedo e a regolarizzare eventuali posizioni debitorie.

Tasse anno accademico 2003-2004

L'iscrizione all'anno accademico è subordinata al pagamento delle tasse universitarie, da versare in due rate annue. La prima rata deve essere corrisposta al momento dell'immatricolazione e/o dell'iscrizione, nei termini previsti; la seconda entro il 31 marzo.

L'importo delle tasse varia a seconda del corso di studio (vedi: www.unibo.it), dello stato dello studente (in corso o fuori corso) e dei diversi servizi erogati.

Per gli studenti che risulteranno assegnatari di una fascia di contribuzione ridotta, secondo i relativi bandi pubblicati dall'Arstud e dall'Università di Bologna (vedi (www.arstud.unibo.it), saranno stabiliti importi differenziati.

Nell'importo complessivo delle tasse, sono comprese le seguenti voci: **tassa di iscrizione** (contributo definito per legge che si deve pagare per poter usufruire di un servizio), **assicurazione studenti** (tutti gli studenti dell'Università di Bologna sono assicurati contro gli infortuni), **bollo**, **tassa regionale per il diritto allo studio** (contributo richiesto dalla Regione Emilia-Romagna per incrementare gli aiuti forniti allo studio), **contributo** (è ciò che si deve pagare per poter usufruire di specifici servizi per la didattica e la ricerca, come ad es: laboratori, attrezzature).

Regolamento studenti

Dal luglio 2001 è entrato in vigore il nuovo Regolamento Studenti dell'Università di Bologna, che regola in maniera nuova la carriera degli studenti.

Tale Regolamento, che è espressione dell'autonomia universitaria e applicazione della riforma (D.M. 509/99), si applica a **tutti gli studenti del nostro Ateneo**, anche se, talvolta, regole differenti sono necessariamente previste per gli studenti appartenenti ai vecchi ordinamenti.

Di seguito sono riassunte le principali novità. Il testo integrale del nuovo Regolamento Studenti è consultabile presso tutte le Segreterie Studenti e presso L'U.R.P. e disponibile sul sito Web dell'Università: www.unibo.it

– ISCRIZIONE TARDIVA. La principale novità consiste nel fatto che l'iscrizione tardiva (dopo il 31 dicembre) non influisce più sulla normale progressione di carriera. In altre parole, chi ha titolo per iscriversi in corso, lo fa anche se paga la prima rata di tasse dopo il 31 dicembre. **Attenzione!** Sarà, però, assoggettata al pagamento di una **ulteriore** indennità di mora di € 179,00. Resta fermo il principio per cui non si possono sostenere esami nella sessione dell'anno accademico per il quale non si è rinnovata l'iscrizione e che tale iscrizione in corso non è valida ai fini di ottenere i benefici previsti da Bandi ARSTUD e Università.

– ISCRIZIONE FUORI CORSO. Si iscrive fuori corso lo studente che si è già iscritto a tutti gli anni di corso previsti dal percorso didattico scelto e che, nei corsi a frequenza obbligatoria, ha ottenuto tutte le attestazioni di frequenza.

– DECADENZA PER GLI ISCRITTI AI VECCHI ORDINAMENTI. Rimane del tutto immutata la regolamentazione per gli iscritti ai vecchi ordinamenti: decadono gli iscritti fuori corso che non sostengono esami per 8 anni accademici consecutivi. Il conteggio degli 8 anni decorre dalla data più favorevole tra quella in cui lo studente si è trovato nella condizione di fuori corso e quella dell'ultimo esame sostenuto. La decadenza non colpisce chi sia in debito del solo esame finale.

– INTERRUZIONE E RICONGIUNZIONE DELLA CARRIERA. Chi non ha rinnovato l'iscrizione per uno o più anni accademici, se vuole riprendere gli studi, deve chiedere la ricongiunzione e pagare, per ogni anno d'interruzione, la tassa di ricognizione. Gli anni di interruzione sono comunque calcolati ai fini della decadenza dagli studi. **Cambia però il termine a partire dal quale la ricongiunzione può essere chiesta. Non è più il primo novembre bensì il successivo primo gennaio**

(Le disposizioni sopra indicate si applicano anche a coloro che interrompono la carriera per iscriversi a corsi di studi all'estero al di fuori di progetti e convenzioni di collaborazione internazionale universitaria o ad Istituti di formazione militare italiani)

Rinuncia

Gli studenti che non intendono continuare gli studi intrapresi hanno facoltà di rinunciare agli stessi, ancorché non si sia verificata la decadenza. La rinuncia deve essere manifestata con atto scritto, redatto su apposito modulo in marca da bollo o carta legale, senza alcuna condizione, termine o clausola che ne restringano l'efficacia. Essa sarà **irrevocabile** e lo studente, pertanto, non potrà far rivivere in avvenire la sua precedente carriera scolastica già estinta per effetto della rinuncia. Lo studente rinunciatario non ha diritto ad alcun rimborso di tasse già pagate.

Diritti e doveri dello studente

L'Alma Mater Studiorum Università di Bologna assicura forme e strumenti di pubblicità dei procedimenti e delle decisioni assunte in merito alle carriere degli studenti.

L'Università, altresì, promuove la partecipazione degli studenti ai procedimenti relativi allo svolgimento della loro carriera.

Lo studente ha facoltà di sollecitare l'intervento del Garante d'Ateneo, nel caso in cui si ritenga leso nei propri diritti o interessi.

In ogni caso, avverso i provvedimenti relativi alla carriera degli studenti, è ammesso ricorso giurisdizionale al Tribunale Amministrativo Regionale dell'Emilia-Romagna.
(art.18 – Nuovo Regolamento Studenti)

Gli studenti dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna durante il corso dei loro studi sono tenuti ad osservare comportamenti rispettosi della legge, dei regolamenti universitari, delle libertà e dei diritti di tutti i soggetti che svolgono la loro attività di lavoro o di studio all'interno delle strutture dell'Ateneo e ad astenersi dal danneggiamento dei beni di proprietà dell'Ateneo o di terzi, che anche temporaneamente vi si trovino.

Le violazioni delle norme di disciplina dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna comportano a carico dei trasgressori l'applicazione di provvedimenti disciplinari.

Nel caso di comportamenti degli studenti che possano integrare anche fattispecie di reato l'Alma Mater Studiorum Università di Bologna provvede tempestivamente ad informare l'Autorità Giudiziaria ed adotta i conseguenti provvedimenti previsti dalla legge.
(art.19 – Nuovo Regolamento Studenti)

CALENDARIO

Calendario lezioni

Insegnamenti a svolgimento intensivo

A) Per i corsi di studio in Ingegneria Ambiente e Territorio, Chimica, Civile, Gestionale, Meccanica, Nucleare

I ciclo 22 settembre 2003 – 20 dicembre 2003
II ciclo 3 marzo 2004 – 7 giugno 2004

B) Insegnamenti a svolgimento estensivo

Per il corso di studio in Ingegneria edile
22 settembre 2003 - 20 dicembre 2003 1 marzo 2004 – 7 aprile 2004

Vacanze pasquali 8-14 aprile 2004

CALENDARIO ESAMI DI PROFITTO

Per tutti i Corsi di Studio devono essere fissati almeno sei appelli al di fuori dei periodi di lezione, di cui almeno due nel periodo immediatamente successivo alla fine dell'attività formativa ed almeno uno in ogni altro periodo.

CALENDARIO ESAMI DI LAUREA

23 ottobre 2003	consegna del libretto il	03/10/2003
17 dicembre 2003	"	27/11/2003

10 febbraio 2004	"	21/01/2004
17 marzo 2004	"	25/02/2004
22 giugno 2004	"	03/06/2004
24 giugno 2004 (Cesena)		
22 luglio 2004	"	02/07/2004
23gluglio 2004 (Cesena)		
13 ottobre 2004 (Cesena)		
26 ottobre 2004	"	07/10/2004
15 dicembre 2004 (Cesena)		
16 dicembre 2004	"	26/11/2004
15 febbraio 2005	"	27/01/2005
15 febbraio 2005 (Cesena)		
23 marzo 2005	"	04/03/2005

Le domande di ammissione all'esame di laurea dovranno essere presentate entro i termini fissati dall'Ateneo (15/5 - 15/9 - 15/1) fermo restando l'obbligo di presentare la restante documentazione entro i termini sopra indicati (20 giorni prima della data fissata per l'esame di laurea).

La domanda di laurea va rinnovata per ogni sessione che si intende utilizzare a tal fine.

Per essere ammesso all'esame di laurea lo studente dovrà aver seguito i corsi e superato gli esami relativi ad un minimo di

– **28 annualità** per i Corsi di Laurea in:
2141-Ing. Chimica, 2143-Ing.delle Telecomunicazioni, 2145-Ing.Elettrica, 2146-Ing.Elettronica, 2147–Ing.Gestionale, 2148-Ing.Informatica, 2168-Ing.Informatica ,2151-Ing.per l'Ambiente e il Territorio

– **27 annualità** per i Corsi di Laurea in:
2163 Ing. Delle Telecomunicazioni, 2165 Ing. Elettrica, 2166 Ing. Elettronica.

– **29 annualità** per i restanti Corsi di Laurea.

L'esame di laurea consiste nella discussione di una tesi attinente ad una o più materie del Corso di Laurea. Il relatore deve essere un docente della Facoltà.

Lo studente non è ammesso a sostenere la prova finale, qualora non sia in regola con il versamento delle tasse e dei contributi dovuti.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA EDILE (2140)

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Alberto Corlaita

Lo scopo fondamentale del Corso di laurea in Ingegneria Edile è quello di formare un professionista chiamato ad operare nel campo dell'architettura e dell'urbanistica. Un Ingegnere Edile deve essere in grado di elaborare progetti che soddisfino le esigenze dinatura pratica ed estetica dell'uomo e della sua società e che, allo stesso tempo, tengano conto delle caratteristiche strutturali ed ambientali degli edifici e delle città inserite nel contesto in cui sorgono.

La figura professionale dell'ingegnere edile si deve distinguere per la capacità di applicare il rigore della metodologia scientifica, la teoria e la pratica delle scienze matematiche e fisiche, i principi ed i fondamenti delle discipline tecnologiche ed economiche congiuntamente con le metodologie e l'approccio della critica storica ed estetica ai problemi dell'architettura e dell'urbanistica. Egli deve essere inoltre, in grado di analizzare ed interpretare fattori di carattere naturale e culturale per affrontare e fornire soluzioni ai problemi che gli vengono sottoposti, di gestire e controllare i processi progettuali e produttivi all'interno degli ambiti e dei limiti imposti dall'economia e dalla legislazione.

Struttura del Corso

L'acquisizione delle necessarie conoscenze matematiche è ottenuta attraverso gli esami di Analisi Matematica I e II e di Geometria. Le generali conoscenze ed esperienze dei fenomeni chimici e fisici sono fornite dai corsi di Fisica I e II e da quello di Chimica. Segue un corso di Meccanica Razionale che introduce allo studio delle scienze applicate peculiari per la formazione di un ingegnere. Il corso di Fondamenti di Informatica fornisce la base per la conoscenza e l'uso dei moderni strumenti per il calcolo, il progetto e la gestione.

La cultura scientifica applicata ai fondamentali problemi dell'ingegneria è acquisita attraverso i corsi di Fisica Tecnica, Idraulica, Scienza delle Costruzioni, Geotecnica e Tecnica delle Costruzioni. Gli insegnamenti di Disegno, Storia dell'architettura e Urbanistica, Tecnica Urbanistica, Architettura Tecnicae Composizione Architettonica hanno lo scopo di fornire le basi e la preparazione per configurare, analizzare e valutare (da differenti punti di vista) i problemi con i quali un Ingegnere Edile si trova a far fronte nel campo dell'architettura e della progettazione e pianificazione urbanistica.

Specifici problemi progettuali sono risolti in una prima fase attraverso lo studio in modo teorico di un gruppo di temi affrontati con particolare riguardo agli aspetti della composizione, della tecnologia e dell'architettura dell'oggetto; in una seconda fase, tali problemi, sono affrontati attraverso la composizione e progettazione architettonica e urbana e progetti di ristrutturazione e di risanamento edilizio.

Accanto ai singoli corsi di insegnamento sono previsti cinque laboratori interdisciplinari, uno per ogni anno del corso di laurea, destinati ad attività di supporto, di studio e di progettazione applicata.

ANNO IV

2140000000021144	ARCHITETTURA TECNICA I	1 ciclo
2140000000020074	GEOTECNICA	
2140000000090474	TECNICA DELLE COSTRUZIONI	
2140000000038694	ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA I	2 ciclo

2140000000048394	ECONOMIA REGIONALE	2 ciclo
2140000000132604	LABORATORIO IV:	
	(Architettura Tecnica I, Architettura e Composizione architettonica e Tecnica delle Costruzioni: 200 ore)	
	1 insegnamento di orientamento fra:	
	Orientamento A	
2140000000010614	TOPOGRAFIA	2 ciclo
	Orientamenti B-E	
2140000000010434	TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA	1 ciclo
	Orientamenti C-D	
2140000000092354	TECNICA URBANISTICA II	2 ciclo
	Orientamento F	
2140000000117084	IMPIANTI TECNICI	2 ciclo
	ANNO V	
2140000000038705	ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA II	
2140000000530775	PROGETTI PER LA RISTRUTTURAZIONE E IL RISANAMENTO EDILIZIO	2 ciclo
2140000000111705	ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE	2 ciclo
2140000000004172	FISICA GENERALE II	1 ciclo
2140000000132615	LABORATORIO V:	
	(Architettura e composizione architettonica, Architettura tecnica II, Caratteri costruttivi e distributivi degli edifici, Progetti per la ristrutturazione e il risanamento edilizio: 200 ore)	
	+ 1 insegnamento di orientamento fra:	
	orientamento A-C-F:	
2140000000022145	ARCHITETTURA TECNICA II	
	orientamento B-D-E:	
2140000000504045	CARATTERI COSTRUTTIVI E DISTRIBUTIVI DEGLI EDIFICI	
	+ 1 insegnamento di orientamento fra:	
	orientamento C:	
2140000000126565	DISEGNO DELL'ARCHITETTURA	2 ciclo
	orientamenti A-B:	
2140000000138735	PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI	2ciclo
	orientamenti C-D:	
2140000000090435	INGEGNERIA DEL TERRITORIO	1 ciclo
2140000000529705	PIANIFICAZIONE E GESTIONE DELLE AREE METROPOLITANE	1 ciclo
2140000000543965	TECNICHE DI ANALISI URBANE E TERRITORIALI	1 ciclo
	orientamento E:	
2140000000117045	COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA	2 ciclo
2140000000134715	MECCANICA COMPUTAZIONALE DELLE STRUTTURE	
2140000000534545	(sem.) SPERIMENTAZIONE DEI MATERIALI, DEI MODELLI E DELLE STRUTTURE	1 ciclo
2140000000537795	(sem.) TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN ACCIAIO	1 ciclo
2140000000021445	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI II	2 ciclo
2140000000537795	(sem.) STRUTTURE DI FONDAZIONE	2 ciclo

2140000000090465	(sem.) STRUTTURE SPECIALI orientamento F:	2 ciclo
2140000000074345	ACUSTICA APPLICATA	2 ciclo

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA (2141)

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Ferruccio Doghieri

Il Corso di Laurea in Ingegneria Chimica si è particolarmente sviluppato nell'ultimo periodo seguendo le richieste rivolte alla specializzazione dell'industria di trasformazione.

In tal senso la preparazione specifica si sviluppa dallo studio dei fenomeni fisici e chimici fondamentali che intervengono nei processi di separazione (moto dei fluidi, scambi di calore, scambi di materia, reazioni chimiche, ecc.) all'analisi delle principali operazioni unitarie dell'industria chimica (distillazione, estrazione, stripping, ecc.), consentendo specializzazioni diverse, dallo studio dei materiali alla gestione di grandi insiemi di apparati.

I settori fondamentali di studio del Corso di laurea sono pertanto sufficientemente differenziati tra loro da fornire una preparazione professionale tutt'altro che monocorde, bensì poliedrica ed organicamente articolata, trovando comunque radici unificanti negli studi di termodinamica, di fenomeni di trasporto in mezzi continui e di operazioni unitarie.

Le situazioni tecnicamente rilevanti in cui tali settori trovano applicazione nei processi di trasformazione sono varie ed apparentemente molto differenziate, riguardando le industrie chimiche e petrolchimiche propriamente intese e parimenti altri settori quali quello farmaceutico, alimentare, nucleare, biomedico, del disinquinamento e dell'energia.

In tale prospettiva l'organizzazione degli studi che viene offerta è volta a fornire una solida preparazione fondamentale e di spettro abbastanza ampio ed insieme una specializzazione più specifica in un settore di Indirizzo.

Il Corso di laurea offre tre Indirizzi di specializzazione riguardanti i settori dei Materiali, dei processi E dell'ambiente.

Indirizzo Materiali

Ha lo scopo di fornire una adeguata preparazione specifica sui materiali, che partendo dalle relazioni generali tra struttura e proprietà permetta di affrontare razionalmente i problemi connessi alla produzione e alla utilizzazione pratica dei materiali di interesse ingegneristico.

Indirizzo Processi - Impianti

Fornisce elementi per lo studio dei seguenti problemi concernenti lo sviluppo di un processo chimico:

– individuazione di investimenti ottimali; scelta, in base a criteri economici, fra soluzioni tecnicamente possibili;

– metodologie per lo studio dello schema tecnologico del processo (bilanci di materia ed energia, simulazione) e criteri per la ricerca della configurazione ottimale dell'impianto;

– studio della dinamica delle principali apparecchiature chimiche e dei relativi schemi di controllo;

– metodologie per lo sviluppo del progetto tecnologico e del lavoro di progettazione impiantistica e per il dimensionamento dei componenti meccanici e strutturali delle apparecchiature chimiche.

Indirizzo Ambiente

Scopo dell'indirizzo è quello di fornire gli elementi essenziali per la gestione dei problemi di salvaguardia ambientale per consentire, sulla base anche delle conoscenze di ingegneria di processo acquisite nei corsi fondamentali, una visione organica degli interventi possibili.

ANNO IV

2141000000005034	IMPIANTI CHIMICI I	1 ciclo
2141000000006634	MACCHINE	1 ciclo
2141000000046414	PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA II	1 ciclo
2141000000022354	SCIENZA DEI MATERIALI	2 ciclo
2141000000112414	TEORIA DELLO SVILUPPO DEI PROCESSI CHIMICI	2 ciclo

1 insegnamento di orientamento

ANNO V

2141000000099415	ANALISI DI SICUREZZA NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO	1 ciclo
2141000000005025	IMPIANTI CHIMICI II	1 ciclo
2141000000001375	CHIMICA INDUSTRIALE	1 ciclo
2141000000085455	DINAMICA E CONTROLLO DEI PROCESSI CHIMICI	2 ciclo

2 insegnamenti di orientamento (1)
ovvero 1 insegnamento di orientamento ed un tirocinio Pratico (2)

1) Orientamento **Ambiente e Sicurezza**
costituito dai seguenti 2 insegnamenti:

2141000000111375	INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE	(V)	2 ciclo
2141000000104024	PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE	(IV)	2 ciclo

più 1 annualità preferibilmente scelta tra le seguenti:

2141000000134685	GESTIONE DELL'INNOVAZIONE E DEI PROGETTI	(V)	1 ciclo
2141000000079475	(sem.)MECCANICA DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO	(V)	1 ciclo
2141000000539425	TECNOLOGIA BIOLOGICO-AMBIENTALE (CORSO INTEGRATO: MICROBIOLOGIA AMBIENTALE+IMPIANTI BIOCHIMICI AMBIENTALI)	(V)	1 ciclo
2141000000041355	(sem.) IDROGEOLOGIA APPLICATA	(V)	2 ciclo
2141000000016885	TIROCINIO PRATICO (2)		

2) Orientamento **Biotecnologie**
costituito dai seguenti 2 insegnamenti:

2141000000081274	BIOCHIMICA INDUSTRIALE	(IV)	2 ciclo
2141000000104045	IMPIANTI BIOCHIMICI	(V)	2 ciclo

più 1 annualità preferibilmente scelta tra le seguenti:

2141000000134685	GESTIONE DELL'INNOVAZIONE E DEI PROGETTI	(V)	1 ciclo
2141000000112475	IMPIANTI DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE	(V)	2 ciclo
2141000000102695	LOGISTICA INDUSTRIALE	(V)	2 ciclo
2141000000016885	TIROCINIO PRATICO (2)		

3) Orientamento **Materiali**

costituito da 2 fra i seguenti insegnamenti:

2141000000100195	MATERIALI POLIMERICI	(V)	1 ciclo
2141000000058024	PROPRIETÀ TERMODINAMICHE E DI TRASPORTO	(IV)	2 ciclo
2141000000104055	SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI CERAMICI	(V)	2 ciclo

più 1 annualità preferibilmente scelta tra le precedenti e le seguenti:

2141000000008865	SCIENZA DEI METALLI	(V)	1 ciclo
2141000000102695	LOGISTICA INDUSTRIALE	(V)	2 ciclo
2141000000016885	TIROCINIO PRATICO (2)		

4) Orientamento **Processi**

costituito da 2 fra i seguenti insegnamenti:

2141000000111375	INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE	(V)	2 ciclo
2141000000112475	IMPIANTI DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE	(V)	2 ciclo
2141000000058024	PROPRIETÀ TERMODINAMICHE E DI TRASPORTO	(IV)	2 ciclo
2141000000125625	CINETICA CHIMICA APPLICATA (3)	(V)	

più 1 annualità preferibilmente scelta tra le precedenti e le seguenti:

2141000000134685	GESTIONE DELL'INNOVAZIONE E DEI PROGETTI	(V)	1 ciclo
2141000000102695	LOGISTICA INDUSTRIALE	(V)	2 ciclo
2141000000016885	TIROCINIO PRATICO (2)		

(1) Gli studenti che hanno optato, negli anni accademici 1997/98-2001/2002 per l'ordinamento 2141 e che hanno sostenuto "Disegno Tecnico Industriale", hanno l'obbligo di scegliere un numero tale di insegnamenti di orientamento pari a due

(2) Il tirocinio potrà essere offerto ad un numero limitato di studenti, sulla base delle effettive disponibilità e del regolamento relativo.

(3) Mutuato dalla Facoltà di Chimica Industriale con Chimica e tecnologia della Catalisi.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE (2142)

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Armando Brath

Il Corso di laurea in Ingegneria civile comprende le discipline che riguardano tanto la progettazione, l'analisi, la realizzazione e l'esercizio delle costruzioni e delle reti infrastrutturali, quanto la pianificazione delle risorse e lo studio degli interventi relativi al territorio.

Il Corso di laurea si articola negli Indirizzi Strutture, Idraulica, Trasporti, Geotecnica, ma solo

dei primi tre è prevista al momento l'attivazione in Ateneo. Gli Indirizzi si innestano su un esteso insieme di insegnamenti comuni del Corso di laurea, in quanto al più sei annualità (sulle ventinove complessive) del curriculum, collocate negli ultimi due anni di Corso, caratterizzano un Indirizzo.

Indirizzo Idraulica

L'Indirizzo Idraulica è previsto per gli allievi che desiderano approfondire lo studio (progettazione, analisi, esercizio) delle infrastrutture idrauliche. Le materie di indirizzo riguardano lo studio del ciclo idrologico, le opere marittime e fluviali, le reti idrauliche di trasporto, di distribuzione e di smaltimento per usi potabili e industriali, urbani ed agricoli, gli interventi per la difesa e la conservazione del suolo, gli impianti di trattamento delle acque, la pianificazione e la gestione delle risorse idriche.

È articolato in cinque Orientamenti, che sviluppano in modo coordinato argomenti specialistici.

Indirizzo Strutture

L'Indirizzo Strutture è svolto a preparare gli allievi nell'ambito dell'ingegneria strutturale. Gli argomenti previsti negli insegnamenti obbligatori costituiscono prosecuzione e approfondimento di quelli di carattere statico e costruttivo trattati negli insegnamenti comuni del Corso di laurea. Gli insegnamenti a scelta sono coordinati in gruppi riguardanti gli aspetti teorici e applicativi dei problemi delle costruzioni con riferimento ai materiali, all'analisi e alla progettazione per tipologie strutturali diversificate come sistema costruttivo o per impiego, alle tecniche di esecuzione.

Indirizzo Trasporti

L'indirizzo Trasporti affronta tutti i problemi che hanno come matrice comune il trasferimento di persone e merci, secondo due grandi filoni di ricerca e di esigenze tecnico-professionali dell'Ingegnere Civile Trasporti, rispettivamente l'organizzazione dei servizi e la progettazione dei sistemi.

I temi fondamentali componenti il primo settore riguardano la pianificazione e l'esercizio dei sistemi di trasporto con particolare riferimento alla stima della domanda, l'organizzazione delle reti e delle aziende di trasporto pubblico, la gestione ed il controllo della circolazione privata, nel rispetto dei vincoli di capacità fisica ed ambientale.

A loro volta i temi fondamentali costituenti il secondo settore sono individuabili nella progettazione funzionale di sistemi semplici e complessi e dei veicoli, nella progettazione geometrica e costruttiva delle infrastrutture di trasporto, nella gestione e manutenzione delle infrastrutture, in base a criteri di sicurezza

INDIRIZZO IDRAULICA
ANNO IV

2142109000509445	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI	1 ciclo
2142109000002064	COSTRUZIONI IDRAULICHE	1 ciclo

2142109000020074	GEOTECNICA	2 ciclo
2142109000090474	TECNICA DELLE COSTRUZIONI	1 ciclo
2142109000004934	IDROLOGIA	1 ciclo
2142109000006634	(sem.) MACCHINE	1 ciclo
2142109000010314	TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI	1 ciclo
2142109000024294	(sem.) ESTIMO	2 ciclo

ANNO V

2142109000113505	TECNICA DEI LAVORI IDRAULICI	2 ciclo
2142109000005185	IMPIANTI SPECIALI IDRAULICI	1 ciclo
2142109000000514	ARCHITETTURA TECNICA	2 ciclo

Orientamento 1 Territorio

2142109000111725	PROTEZIONE IDRAULICA DEL TERRITORIO	1 ciclo

più 2 annualità a scelta

Orientamento 2 Pianificazione

2142109000017245	GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE	2 ciclo

più 2 annualità a scelta

Orientamento 4 Marittimo

2142109000024245	COSTRUZIONI MARITTIME	1 ciclo

più 2 annualità a scelta

Orientamento 5 Sanitario Ambientale

2142109000518525	INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE	2 ciclo

più 2 annualità a scelta

Le annualità a scelta vanno prese tra gli insegnamenti degli orientamenti precedenti non facenti parte di quello prescelto o tra quelle del gruppo seguente:

2142109000117085	IMPIANTI TECNICI	1 ciclo
2142109000034805	TECNICA DELLE COSTRUZIONI II	1 ciclo
2142109000106725	CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE	1 ciclo
2142109000016565	FOTOGRAMMETRIA	1 ciclo
2142109000000025	AERODINAMICA	2 ciclo
2142109000068785	(sem.) ELETTROTECNICA II	2 ciclo
2142109000400115	IDROLOGIA II	2 ciclo
2142109000127065	(sem.) MACCHINE II	2 ciclo
2142109000102045	MISURE E CONTROLLI IDRAULICI	2 ciclo

INDIRIZZO STRUTTURE

ANNO IV

2142208000002065	COSTRUZIONI IDRAULICHE	1 ciclo
2142208000020074	GEOTECNICA	2 ciclo
2142208000090474	TECNICA DELLE COSTRUZIONI	1 ciclo
2142208000509445	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI (1) (4)	1 ciclo
2142208000006634	(sem.) MACCHINE	1 ciclo
2142208000010314	TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI	1 ciclo
2142208000024294	(sem.) ESTIMO	2 ciclo

2142208000021444	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI II	2 ciclo
	Orientamento D (Costruzioni 1)	
2142208000062004	DINAMICA DELLE STRUTTURE	2 ciclo
	Orientamento A-B-E-F-G-H	
2142208000509445	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI (1)	1 ciclo
	oppure 1 materia a scelta del IV anno.	
	ANNO V	
2142208000000514	ARCHITETTURA TECNICA	2 ciclo
2142208000034805	TECNICA DELLE COSTRUZIONI II	1 ciclo
2142208000111705	ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE	2 ciclo
	Orientamento A (Architettura)	
2142208000000505	ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA	2 ciclo
	2 annualità a scelta (3)	
	Orientamento B (Ristrutturazione)	
2142208000530775	PROGETTI PER LA RISTRUTTURAZIONE E IL RISANAMENTO EDILIZIO	2 ciclo
	2 annualità a scelta (3)	
	Orientamento C (Rilevamento)	
2142208000016565	FOTOGRAMMETRIA	1 ciclo
	1 annualità a scelta	
	Orientamento D (Costruzioni 1)	
	2 annualità a scelta	
	Orientamento E (Costruzioni 2)	
2142208000134715	MECCANICA COMPUTAZIONALE DELLE STRUTTURE	2 ciclo
	2 annualità a scelta (3)	
	Orientamento F (Costruzioni 3)	
2142208000117045	COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA	2 ciclo
	2 annualità a scelta (3)	
	Orientamento G (Costruzioni 4)	
2142208000134725	TEORIA E PROGETTO DEI PONTI	2 ciclo
	2 annualità a scelta (3)	
	Orientamento H (Geotecnica)	
2142208000041145	MECCANICA DELLE ROCCE	1 ciclo
2142208000509445	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI (1) (4)	1 ciclo

2142208000041255	CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI	2 ciclo

1 annualità a scelta, solo per chi abbia collocato l'esame di "Costruzioni di SS.FF.AA." al IV anno

Le annualità a scelta vanno prese tra gli insegnamenti degli orientamenti precedenti non facenti parte di quello prescelto o tra quelle del gruppo seguente:

2142208000504045	CARATTERI COSTRUTTIVI E DISTRIBUTIVI DEGLI EDIFICI	1 ciclo
2142208000509525	COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA E INGEGNERIA DEL TERRITORIO (CORSO INTEGRATO)	2 ciclo
2142208000117085	IMPIANTI TECNICI	1 ciclo
2142208000106724	CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE	1 ciclo
2142208000002444	DISEGNO II	2 ciclo
2142208000534545	(sem.) SPERIMENTAZIONE DEI MATERIALI, DEI MODELLI E DELLE STRUTTURE	2 ciclo
2142208000540365	(sem.) TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN ACCIAIO	1 ciclo
2142208000000025	AERODINAMICA	2 ciclo
2142208000047575	STORIA DELL'ARCHITETTURA II	2 ciclo
2142208000537795	(sem.) STRUTTURE DI FONDAZIONE	2 ciclo
2142208000090465	(sem.) STRUTTURE SPECIALI	2 ciclo

INDIRIZZO TRASPORTI

ANNO IV

2142220000002065	COSTRUZIONI IDRAULICHE	1 ciclo
2142220000020074	GEOTECNICA	2 ciclo
2142220000090474	TECNICA DELLE COSTRUZIONI	1 ciclo
2142220000509444	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI	1 ciclo
2142220000006634	(sem.) MACCHINE	1 ciclo
2142220000010314	TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI	1 ciclo
2142220000024294	(sem.) ESTIMO	2 ciclo
2142220000046794	PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI	2 ciclo

ANNO V

2142220000000514	ARCHITETTURA TECNICA	2 ciclo
2142220000134745	FONDAMENTI DI INFRASTRUTTURE VIARIE	1 ciclo
2142220000509475	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI II	2 ciclo
2142220000111775	TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE	1 ciclo

Orientamento 1 Infrastrutture

2142220000537995	TECNICA DEI LAVORI STRADALI, FERROVIARI ED AEROPORTUALI	1 ciclo

1 annualità a scelta

Orientamento 2 Impianti

2142220000134765	TERMINALI E IMPIANTI DEI TRASPORTI	2 ciclo

1 annualità a scelta

Orientamento 3 Trazione

2142220000067765	SISTEMI DI TRAZIONE	2 ciclo

1 annualità a scelta

L'annualità a scelta va presa con le seguenti opzioni:
a) Un insegnamento caratterizzante un orientamento diverso da quello prescelto
b) Un insegnamento fra quelli di seguito elencati
c) Un insegnamento fra tutti quelli del Corso di laurea in Ingegneria Civile

2142220000134725	TEORIA E PROGETTO DEI PONTI	2 ciclo
2142220000106725	CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE	1 ciclo
2142220000016565	FOTOGRAMMETRIA	1 ciclo
2142220000074345	ACUSTICA APPLICATA	2 ciclo
2142220000041255	CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI	2 ciclo
2142220000068785	(sem.) ELETTROTECNICA II	2 ciclo
2142220000127065	(sem.) MACCHINE II	2 ciclo

(1) L'insegnamento deve necessariamente far parte della carriera dello studente.
Se non scelto al IV anno, dovrà esserlo obbligatoriamente al V.
(2) L'insegnamento di "Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti" non è sostituibile.
(3) Solo 1 annualità a scelta per chi non abbia collocato "Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti" al 4° anno
(4) Solo per coloro che non l'hanno scelto al IV anno.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI (2163)

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Alessandro Lipparini

È da tempo ben delineata la figura professionale dell'ingegnere delle Telecomunicazioni: egli deve saper pianificare, progettare, sviluppare e gestire sistemi elettronici complessi per l'elaborazione, la trasmissione, la distribuzione e la diffusione dell'informazione mediante opportuni segnali. Tali sistemi realizzano un'ampia gamma di servizi di notevole rilievo tecnico, economico e sociale quali, ad esempio, quelli telefonici, telematici e di trasmissione dati; la diffusione di programmi radio e TV; l'elettronica civile; la radioassistenza alla navigazione aerea, marittima e al traffico su strada; la radiolocalizzazione; telerilevamento e telemisure.

In tale contesto grande importanza assumono le reti di telecomunicazione ed i relativi sistemi di commutazione di circuito e di pacchetto, che stanno evolvendo verso una soluzione totalmente numerica e verso una gestione dinamica e ottimizzata degli instradamenti e dei servizi.

Obiettivo del Corso di laurea in ingegneria delle Telecomunicazioni è appunto la formazione di un ingegnere capace di operare da un lato nell'industria manifatturiera (delle telecomunicazioni terrestri e via satellite, deiterminali per utenti affari e domestici, ecc.), e da un altro negli enti di servizio (ad esempio, come pianificatori e gestori delle reti, fornitori di informazioni, gestori di sistemi di radio e telediffusione), negli Enti di controllo del traffico aereo, marittimo e terrestre, nei laboratori che fanno ampio uso della elaborazione dei segnali, ecc.

Per tale ingegnere si richiede, oltre ad una solida preparazione di base, una sicura conoscenza della teoria delle comunicazioni e dell'elettromagnetismo, dei segnali e del loro trattamento, dei sistemi di telecomunicazione ed informatici, delle tecnologie e delle apparecchiature elettroniche.

Si richiedono inoltre conoscenze orientate alle reti, alla loro ottimizzazione, ai servizi telematici, alla commutazione per gli ingegneri che opereranno essenzialmente nel campo della distribuzione dell'informazione, e conoscenze più orientate all'elettromagnetismo ed alle sue applicazioni, alla trasmissione radio e ottica, ai metodi di estrazione dei segnali dai disturbi, ecc., per gli ingegneri che opereranno essenzialmente nel campo della trasmissione.

Per gli immatricolati dall'anno accademico 1999/2000

ANNO IV

2163000000024394	ELETTRONICA APPLICATA II	
2163000000103834	CALCOLATORI ELETTRONICI I	
2163000000103934	SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE	
2163000000103904	RETI DI TELECOMUNICAZIONI	
2163000000104064	ELABORAZIONE OTTICA DEI SEGNALI	
2163000000103894	PROPAGAZIONE	

ANNO V

2143000000021915	MICROONDE	1 ciclo
2143000000002515	ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE	1 ciclo
2143000000021264	MISURE ELETTRONICHE	

2 MATERIE A SCELTA COME DI SEGUITO INDICATO:

1 o 2 insegnamenti a scelta tra:

2143000000111475	SISTEMI DI COMMUTAZIONE	2 ciclo
2143000000142795	CIRCUITI A MICROONDE E A ONDE MILLIMETRICHE	2 ciclo
2143000000107205	TRASMISSIONE NUMERICA	2 ciclo

1 o nessuno a scelta tra:

2143000000109075	ELETTRONICA DEI SISTEMI DIGITALI	
2143000000125645	ELETTRONICA DELLE TELECOMUNICAZIONI	
2143000000088625	ELETTRONICA DELLO STATO SOLIDO	
2143000000020375	ELETTRONICA INDUSTRIALE	
2143000000111455	RETI DI CALCOLATORI	1 ciclo
2143000000111325	ARCHITETTURA DEI SISTEMI INTEGRATI	
2143000000103845	CALCOLATORI ELETTRONICI II	
2143000000057025	MICROELETTRONICA	
2143000000134775	OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA	2 ciclo
2143000000103945	SISTEMI INFORMATIVI I	2 ciclo
2143000000104075	STRUMENTAZIONE E MISURE ELETTRONICHE	2 ciclo

NOTA BENE: UN INSEGNAMENTO A SCELTA PUÒ ESSERE SOSTITUITO CON ATTIVITÀ DI TIROCINIO PRATICO

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRICA (2165)

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Ugo Reggiani

Il Corso di Laurea in Ingegneria Elettrica ha come oggetto fondamentale di la generazione, il trasporto, la distribuzione e l'utilizzazione dell'energia elettrica.

Le applicazioni dell'energia elettrica sono svariatissime, cosicché l'ingegnere elettrico deve essere un ingegnere straordinariamente versatile, con una forte preparazione nei principali settori dell'ingegneria, in particolare quelli dell'Elettronica e della Meccanica, oltre che nello specifico settore elettrico.

L'Ingegneria elettrica deriva dalla vecchia e gloriosa Ingegneria Elettrotecnica, adeguata però alle nuove frontiere della tecnologia. Se infatti l'ingegnere elettrotecnico era essenzialmente un ingegnere elettromeccanico, l'ingegnere elettrico, pur senza tradire le sue origini, ha uno spettro di competenze assai più largo, in particolare nei campi dell'Elettronica di potenza, della Automazione, dell'Informatica, dell'Ingegneria dei materiali.

Il curriculum dell'ingegnere elettrico prevede complessivamente 28 esami (oltre alla prova di lingua inglese, comune a tutti i Corsi di Laurea). Nel formulare il suo curriculum, il Corso di Laurea si è prefisso non solo di mantenere ma possibilmente di allargare le prospettive occupazionali e professionali, che sono sempre state particolarmente ampie per un ingegnere di larga preparazione e grande versatilità come l'elettrico; ed ha tenuto presente le nuove occasioni di lavoro nei settori della sicurezza, del rispetto e del risanamento ambientale (anche dal punto di vista dell'inquinamento elettromagnetico e in generale dei problemi legati alla compatibilità elettromagnetica), nella ricerca e nel miglior uso delle fonti energetiche rinnovabili.

Le discipline fondamentali sono 24, di cui nove sono comuni a tutti i corsi di laurea, cioè quattro dell'area della Matematica, due della Fisica, una della Chimica, una dell'Informatica ed una dell'Economia; per quest'ultima area il Corso di laurea ha scelto "Economia applicata all'ingegneria", di contenuto essenzialmente economico, riservando le discipline aziendalistiche gestionali ad una libera scelta dello studente.

L'appartenenza al settore industriale vincola poi la presenza nel curriculum delle discipline ingegneristiche di base quali Meccanica applicata alle macchine, Macchine, Scienza delle costruzioni, Fisica tecnica e Controlli automatici.

Le restanti dieci discipline fondamentali sono tutte caratteristiche dell'ingegneria elettrica: da quelle classiche di base, e cioè "Principi di Ingegneria elettrica" I e II (derivate da "Elettrotecnica" I e II), "Impianti elettrici", "Elettronica", "Macchine elettriche", "Misure elettriche", a quelle più spiccatamente specialistiche con contenuti anche assai avanzati, come "Sistemi elettrici per l'energia", "Azionamenti elettrici", "Modellistica ed Ingegneria dei materiali elettrici", e il nuovo Insegnamento integrato di "Conversione statica dell'energia e Strumentazione elettronica di misura".

Per completare il curriculum vi sono ancora quattro Insegnamenti, da scegliere fra un numero circa triplo di discipline divise in quattro Orientamenti, cioè Sistemi per l'energia, Macchine e azionamenti, Automazione industriale e Nuovi materiali e tecnologie per l'energia. Discipline caratteristiche di questi Orientamenti sono "Impianti di produzione dell'energia elettrica" e "Tecnica delle alte tensioni" per il primo, "Misure e collaudo dei macchine e impianti elettrici" e "Modellistica dei Sistemi elettromeccanici" per il secondo, "Automazione industriale" ed "Elettronica industriale" per il terzo, "Componenti e tecnologie elettriche" e "Magnetofluidodinamica applicata" per il quarto; mentre gli Insegnamenti di "Compatibilità elettromagnetica per l'ingegneria industriale", "Scienza e tecnologia dei materiali elettrici" e soprattutto il l'Insegnamento di "Affidabilità dei Sistemi elettrici" si configurano come polivalenti, interessanti per tutti gli Orientamenti.

Fra gli Insegnamenti a scelta è previsto, a partire dall'A.A. 1999-2000, anche quello di Tirocinio, da svolgersi presso aziende e strutture esterne all'Università.

Lo studente può anche scegliere un orientamento di tipo Gestionale o uno del settore dei Trasporti, formulando la richiesta su apposito modulo, previo accordo con la Commissione del Corso di Laurea preposta all'esame dei Piani di studio individuali.

Per gli immatricolati dall'anno accademico 1999/2000

ANNO V

(sem) Principi di ingegneria elettrica B
(sem) Macchine elettriche A
Scienza delle costruzioni
Sistemi elettrici per l'energia
(sem) Fisica tecnica B
(sem) Controlli automatici B
(sem) Azionamenti elettrici A

+ 4 corsi semestrali tra:

(sem) Conversione statica dell'energia
(sem) Strumentazione elettronica di misura
(sem) Ingegneria dei plasmi
(sem) Tecnologie elettriche innovative
(sem) Sensori e trasduttori
(sem) Manutenzione e diagnostica dei sistemi elettrici

Mutuazioni:

Principi di ingegneria elettrica B **da** Elettromagnetismo applicato LS
Sistemi elettrici per l'energia **da** Sistemi elettrici per l'energia con metodologie di progettazione di impianti elettrici LS (corso integrato)
(sem) Macchine elettriche A **da** Macchine elettriche LS
(sem) Azionamenti elettrici A **da** Azionamenti elettrici LS
(sem) Conversione statica dell'energia **da** Conversione statica dell'energia LS
(sem) Strumentazione elettronica di misura **da** Strumentazione elettronica di misura LS
(sem) Ingegneria dei plasmi **da** Ingegneria dei plasmi LS
(sem) Tecnologie elettriche innovative **da** Tecnologie elettriche innovative LS
(sem) Sensori e trasduttori **da** Sensori e trasduttori LS
(sem) Manutenzione e diagnostica dei sistemi elettrici **da** Manutenzione e diagnostica dei sistemi elettrici LS

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA (2166)

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Massimo Rudan

Come si desume dalla precedente introduzione al Settore, le attuali tecniche di elaborazione dell'informazione sono in massima parte fondate sull'impiego di dispositivi elettronici e di circuiti integrati a semiconduttore. Nel corso della più recente evoluzione dell'elettronica si è potuto assistere da un lato a rapidi progressi tecnologici che hanno condotto alla possibilità di costruire in forma integrata monolitica interi sistemi di elaborazione, dall'altro alla diffusione di tali tecniche ad aree applicative sempre più numerose ed estese.

Contemporaneamente, e come necessaria conseguenza, le conoscenze relative ai principi di funzionamento dei dispositivi a semiconduttore, alle loro tecnologie costruttive, e alle tecniche di progettazione dei circuiti integrati, originariamente limitate agli ambienti scientifici e industriali specializzati nello studio e nella realizzazione di dispositivi e circuiti, si sono diffuse anche presso gli ambienti di utilizzazione cioè presso i progettisti e costruttori di sistemi elettronici. Si è verificata cioè, e permane tuttora, una forte tendenza a spostare l'attività di progettazione dal costruttore all'utilizzatore.

Ne consegue che oggigiorno si richiede al laureato in Ingegneria elettronica uno spettro di competenze assai vasto, dal momento che, qualunque sia l'ambiente di lavoro in cui viene ad inserirsi, potrà facilmente essergli chiesto di specializzarsi in una delle numerose aree applicative mantenendo però la capacità di capire e utilizzare tempestivamente le innovazioni emergenti nell'ambito dei dispositivi e dei circuiti elettronici, nonché la capacità di interagire con altri specialisti senza trovarsi in condizioni di inferiorità.

Al Corso di laurea in Ingegneria Elettronica spetta dunque il fondamentale e difficile compito di dare ai futuri professionisti le conoscenze di base necessarie, le aperture intellettuali e un orientamento specializzato che sappia conciliare le esigenze di astrazione, necessarie per dominare discipline applicative aventi solide radici scientifiche, con le esigenze di concretezza tipiche della mentalità ingegneristica. A tal fine potrà essere utilmente indirizzata la maggior flessibilità del nuovo ordinamento statutario che può consentire più tempestivi aggiornamenti dell'ordine degli studi per seguire da vicino la rapida evoluzione delle discipline elettroniche.

Indirizzo Biomedica

L'Indirizzo Biomedica si propone di dare le basi metodologiche e le competenze tecniche generali per l'inserimento professionale dell'ingegnere elettronico nell'industria biomedica e nelle strutture ospedaliere. In particolare l'obbiettivo è quello di formare una figura di ingegnere in grado di operare:

– nell'ambito industriale, in attività di sviluppo, produzione e controllo della qualità di dispositivi, apparecchiature, protesi e sistemi di elaborazione utilizzati in medicina e biologia per scopi di prevenzione, diagnosi, terapia, riabilitazione e ricerca, nonché in attività di supporto tecnologico alle connesse iniziative commerciali;

– nell'ambito delle strutture ospedaliere pubbliche e private, in attività di gestione tecnica (scelta, collaudo e manutenzione) volta a garantire un impiego sicuro, corretto ed economico di sistemi ed apparecchiature biomediche.

Gli insegnamenti dell'Indirizzo hanno carattere prettamente ingegneristico e sono ampiamente collegati con i contenuti degli insegnamenti fondamentali dell'ingegneria elettronica. Tuttavia l'indirizzo ha un carattere fortemente interdisciplinare, sia nei riguardi delle componenti meccanica e chimica della stessa ingegneria, sia per i suoi rapporti con il mondo biologico e medico.

Indirizzo Microelettronica

Con questo indirizzo viene data una solida introduzione alla conoscenza dei principi fisici, dei metodi di progetto e delle tecnologie di fabbricazione dei dispositivi e dei circuiti integrati a semiconduttore con cui si realizzano tutti i sistemi elettronici.

La conoscenza della microelettronica è oggi indispensabile ad una vasta cerchia di professionisti operanti non solo nell'area specifica della costruzione dei circuiti integrati ma anche in quella più ampia dei sistemi, sia per l'importanza sempre maggiore che vi assumono i microcircuiti, sovente di tipo "custom" (cioè progettati dallo stesso costruttore di sistemi o almeno in collaborazione con esso e per suo esclusivo uso), sia in relazione ai fondamentali problemi dell'affidabilità.

Per gli immatricolati dall'anno accademico 1999/2000

La tabella elenca nella colonna di sinistra le denominazioni delle annualità prescritte dalla Tabella XXIX per i corsi del vecchio ordinamento e, nella colonna di destra, i nomi delle attività formative corrispondenti a tali annualità.
I cicli in cui sono collocate le attività formative della colonna di destra sono indicati nel Piani didattici 2003–2004 del nuovo ordinamento della Laurea o della Laurea specialistica dei Corsi di Studio della Facoltà.

Quarto anno (CL 2166 — Ingegneria elettronica, vecchio ordinamento sperimentale)	
Annualità ex-Tabella XXIX	*Corsi corrispondenti*
Misure elettroniche (ING-INF/07-K10X)	Misure elettroniche L-A + Fondamenti della misurazione L-A
Calcolatori elettronici I (ING-INF/05-K05A)	Sistemi digitali LS + Calcolatori elettronici LS
Elettronica applicata II (ING-INF/01-K01X)	Elettronica applicata LS + Progetto di circuiti analogici LS
PIANO DI STUDIO CON SCELTA DI ORIENTAMENTO	
Sistemi di telecomunicazione (ING-INF/03-K03X)	Sistemi di telecomunicazione L-A + Sistemi di telecomunicazione LS
Calcolatori elettronici II (ING-INF/05-K05A)	Sistemi operativi LA + Sistemi operativi LS
Microelettronica (ING-INF/01-K01X)	Microelettronica L-A + Microelettronica LS
INDIRIZZO BIOMEDICA	
Bioingegneria II (ING-IND/34-I26A)	Bioingegneria II (la prima parte è equivalente a Biomeccanica LS)
Strumentazione biomedica (ING-INF/06-K06X)	Strumentazione biomedica (la prima parte è equivalente a Strumentazione biomedica LS)
Campi elettromagnetici (ING-INF/02-K02X)	Campi elettromagnetici L-A + Sistemi d'antenna LS
INDIRIZZO MICROELETTRONICA	
Elettronica dello stato solido (ING-INF/01-K01X)	Elettronica dello stato solido LS-A + Elettronica dello stato solido LS-B
Microelettronica (ING-INF/01-K01X)	Microelettronica L-A + Microelettronica LS

Campi elettromagnetici (ING-INF/02-K02X) (solo per gli Studenti in difetto di frequenza)	Campi elettromagnetici L-A + Sistemi d'antenna LS
Un'annualità a scelta fra le seguenti	
Calcolatori elettronici II (ING-INF/05-K05A)	Sistemi operativi L-A + Sistemi operativi LS
Chimica fisica dei materiali solidi (ING-IND/23-I15A)	Chimica fisica dei materiali solidi LS-A + Chimica fisica dei materiali solidi LS-B
Quinto anno (CL 2166 — Ingegneria elettronica, vecchio ordinamento sperimentale)	
Annualità ex-Tabella XXIX	**Corsi corrispondenti**
Economia e organizzazione aziendale (ING-IND/35-I27X)	Economia e organizzazione aziendale L-A + Sistemi di gestione integrati L-A
PIANO DI STUDI CON SCELTA DI ORIENTAMENTO - Quattro annualità scelte fra le seguenti	
Automazione e organizzazione sanitaria (ING-INF/06-K06X)	Ingegneria clinica LS + Bioimmagini LS
Bioingegneria I (ING-INF/06-K06X)	Equivalente a Bioingegneria III
Elaborazione di dati e segnali biomedici (ING-INF/06-K06X)	Elaborazione di dati e segnali biomedici (parte di esso è equivalente a Sistemi intelligenti naturali e artificiali LS)
Strumentazione biomedica (ING-INF/06-K06X)	Strumentazione biomedica (la prima parte è equivalente a Strumentazione biomedica LS)
Elettronica dei sistemi digitali (ING-INF/01-K01X)	*Lo Studente deve scegliere una delle seguenti combinazioni* Elettronica dei sistemi digitali LS + Laboratorio di elettronica dei sistemi digitali LS *oppure* Elettronica dei sistemi digitali LS + Elaborazione elettronica dei segnali digitali LS
Elettronica delle telecomunicazioni (ING-INF/01-K01X)	Elettronica delle telecomunicazioni LS-A + Elettronica delle telecomunicazioni LS-B
Elettronica industriale (ING-INF/01-K01X)	Elettronica industriale L-A + Elettronica industriale LS
Strumentazione e misure elettroniche (ING-INF/01-K01X)	Strumentazione digitale LS + Elaborazione statistica dei segnali nei sistemi elettronici LS
Architettura dei sistemi integrati (ING-INF/01-K01X)	Progetto di sistemi elettronici L-A + Architetture digitali per l'elaborazione dei segnali LS
Affidabilità e diagnostica di componenti e circuiti elettronici (ING-INF/01-K01X)	Sistemi elettronici ad alta affidabilità LS + Sensori a stato solido LS
INDIRIZZO BIOMEDICA	
Reti di telecomunicazioni (ING-INF/03-K03X)	Reti di telecomunicazioni L-A + Teletraffico LS
Automazione e organizzazione sanitaria (ING-INF/06-K06X)	Ingegneria clinica LS + Bioimmagini LS

Bioingegneria III (ING-INF/06-K06X)	Bioingegneria III (parte di esso è equivalente a Bioingegneria molecolare e cellulare LS)
Elaborazione di dati e segnali biomedici (ING-INF/06-K06X)	Elaborazione di dati e segnali biomedici (parte di esso è equivalente a Sistemi intelligenti naturali e artificiali LS)
INDIRIZZO MICROELETTRONICA	
Elettronica dei sistemi digitali (ING-INF/01-K01X)	*Lo Studente deve scegliere una delle seguenti combinazioni* Elettronica dei sistemi digitali LS + Laboratorio di elettronica dei sistemi digitali LS *oppure* Elettronica dei sistemi digitali LS + Elaborazione elettronica dei segnali digitali LS
Reti di telecomunicazione (ING-INF/03-K03X)	Reti di telecomunicazioni L-A + Teletraffico LS
Due insegnamenti a scelta tra i seguenti:	
Elettronica industriale (ING-INF/01-K01X)	Elettronica industriale L-A + Elettronica industriale LS
Affidabilità e diagnostica di componenti e circuiti elettronici (ING-INF/01-K01X)	Sistemi elettronici ad alta affidabilità LS + Sensori a stato solido LS
Architettura dei sistemi integrati (ING-INF/01-K01X)	Progetto di sistemi elettronici L-A + Architetture digitali per l'elaborazione dei segnali LS
Strumentazione e misure elettroniche (ING-INF/01-K01X)	Strumentazione digitale LS + Elaborazione statistica dei segnali nei sistemi elettronici LS

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE (2147)

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Andrea Zanoni

La figura professionale dell'ingegnere Gestionale associa alla formazione ed alla cultura tecnologica interdisciplinare di base, caratteristica dell'ingegnere, competenze economiche ed organizzative.

Il bisogno di questa nuova figura professionale emerge dalla rilevazione di una domanda espressa dal mercato del lavoro che, in modo sempre più pressante, manifesta l'esigenza di competenze mirate a ruoli che applichino e gestiscano la tecnologia in organizzazioni sia industriali che di servizi.

Le funzioni gestionali che un ingegnere è chiamato a svolgere riguardano prevalentemente l'innovazione tecnologica, il sistema produttivo e quello logistico-commerciale nelle loro componenti fisiche, informative e organizzative; in organizzazioni di piccola e media dimensione, tipiche del nostro contesto industriale, e in una prospettiva di evoluzione dei percorsi di carriera

nell'ambito delle imprese di maggiori dimensioni, esse si estendono ai problemi dell'impresa nel suo complesso.

L'obiettivo formativo è quindi quello di preparare una figura professionale in grado di gestire sistemi complessi tenendo conto degli aspetti tecnici, organizzativi, economici, finanziari e di mercato. L'ingegnere gestionale deve pertanto essere in grado di interagire con gli specialisti che operano nelle diverse funzioni aziendali con una preparazione che gli consenta un approccio globale e multidisciplinare. In tal senso si cerca di ottenere una figura professionale che sia in grado di affrontare, nelle fasi di valutazione, di pianificazione e di realizzazione, processi di cambiamento e gestione in cui ha rilevanza fondamentale la componente tecnologica.

Il nuovo Corso di laurea risulta particolarmente coerente con l'evoluzione dello scenario economico e tecnologico che si manifesta a diversi livelli:

– a livello dei cicli produttivi connotati da radicali interventi, sia organizzativi che di processo, tendenti a migliorare le prestazioni sul fronte dei costi, della qualità, dei tempi e della flessibilità;

– a livello dell'impresa, oggi alla ricerca di rinnovate basi di competitività imposte dai processi di internazionalizzazione e dalla comparsa di concorrenti più aggressivi;

– a livello di settori industriali, ove si assiste a rapidi cambiamenti dei confini intersettoriali, delle barriere all'entrata e all'uscita, delle relazioni interimpresa e delle modalità competitive;

– a livello di ambiente, in cui appaiono in modo sempre più incisivo esigenze di contenimento dei costi sociali e di rispetto dell'equilibrio ecologico e dei vincoli di localizzazione, senza dimenticare le problematiche etiche e sociali sollevate da uno sviluppo industriale non correttamente indirizzato.

Nel formulare la proposta di curriculum, desumibile dalle schede allegate, nell'ambito dei vincoli previsti dalla normativa esistente, la Facoltà è stata particolarmente attenta ad individuare sbocchi professionali in funzione dei quali innestare alcuni insegnamenti specifici ai diversi orientamenti, su una base di contenuti comuni a tutto il Corso di laurea.

Relativamente agli Orientamenti la Facoltà ritiene che il Corso di laurea in ingegneria Gestionale possa essere finalizzato alla preparazione dell'ingegnere che dovrà gestire:

– il sistema industriale, con un profilo professionale focalizzato sul fenomeno produttivo interno all'impresa nei suoi aspetti impiantistici, organizzativi e di assicurazione della qualità.

– il sistema dei servizi, con un profilo professionale in grado di operare in organizzazioni che realizzano servizi per l'impresa con particolare attenzione alle problematiche dell'impatto ambientale e della gestione del territorio e dei trasporti.

– il sistema delle informazioni, con un profilo professionale focalizzato sui cambiamenti organizzativi connessi all'adozione di nuovi sistemi di automazione e di gestione delle informazioni in ambito sia produttivo sia decisionale.

Con questa proposta la Facoltà di ingegneria di Bologna intende ampliare la propria offerta formativa rispondendo in modo positivo alle esigenze espresse dall'ambiente in cui opera con un'attenzione particolare alle necessità degli operatori economico-industriali che, in seguito all'aumentato tasso di sviluppo delle tecnologie e ai processi di unificazione dei mercati in atto, hanno sempre maggiori esigenze di risorse umane capaci di interpretare il cambiamento gestendo in modo corretto il processo innovativo.

Informazioni più aggiornate sono disponibili nel sito WEB della Facoltà.

ANNO IV

2147000000013844	(sem.) COSTRUZIONE DI MACCHINE	1 ciclo
2147000000134684	GESTIONE DELL'INNOVAZIONE E DEI PROGETTI	1 ciclo
2147000000006634	(sem.) MACCHINE	1 ciclo
2147000000096794	SISTEMI INFORMATIVI	1 ciclo

2147000000001924	COMUNICAZIONI ELETTRICHE	2 ciclo
2147000000111654	GESTIONE DELL'ENERGIA	2 ciclo
2147000000111734	STUDI DI FABBRICAZIONE	2 ciclo

ANNO V

2147000000016775	GESTIONE AZIENDALE	1 ciclo
2147000000102695	LOGISTICA INDUSTRIALE	2 ciclo
2147000000103915	SICUREZZA E ANALISI DI RISCHIO	1 ciclo
	Oppure	
2147000000099415	ANALISI DI SICUREZZA NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO	1 ciclo

3 annualità a scelta

MATERIE A SCELTA:
collocate nel ciclo in cui sono attivate nel CdS di origine

Orientamento Industriale-Produttivo

2147000000134835	INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME	1 ciclo
2147000000021215	TECNOLOGIE GENERALI DEI MATERIALI	1 ciclo
2147000000120875	AFFIDABILITÀ E CONTROLLO DI QUALITÀ	2 ciclo
2147000000104115	AUTOMAZIONE INDUSTRIALE	2 ciclo
2147000000111685	INTERAZIONE FRA LE MACCHINE E L'AMBIENTE	2 ciclo
2147000000528035	ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E DEI SISTEMI LOGISTICI	2 ciclo
2147000000022355	SCIENZA DEI MATERIALI	2 ciclo
2147000000104215	SERVIZI GENERALI DI IMPIANTO	2 ciclo
2147000000134825	STRUMENTAZIONE E AUTOMAZIONE INDUSTRIALE	2 ciclo

Orientamento Servizi

2147000000138485	METODI E MODELLI PER IL SUPPORTO ALLE DECISIONI	2 ciclo
2147000000010315	TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI	1 ciclo
2147000000024295	(sem.) ESTIMO	2 ciclo
2147000000046795	PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI	2 ciclo
2147000000104025	PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE	2 ciclo
2147000000074335	TECNICA DEL CONTROLLO AMBIENTALE	1 ciclo
2147000000045215	FINANZA AZIENDALE (2)	
2147000000035685	POLITICA ECONOMICA (2)	

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA (2168)

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Eugenio Faldella

Negli ultimi decenni gli sviluppi dell'informatica e dell'automazione industriale hanno inciso profondamente sull'organizzazione delle moderne imprese e di molte attività sociali, diventando

il loro fattore determinante di trasformazione e innovazione.

Si pensi, ad esempio, al progetto di complesse architetture e sistemi informativi in grado di realizzare sistemi integrati di supervisione e controllo, o di sistemi automatizzati nel campo dei processi industriali, all'applicazione delle nuove metodologie dell'ingegneria del software e dei sistemi basati sulla conoscenza, allo sviluppo di discipline come la robotica e l'intelligenza artificiale, al diffondersi di nuovi modelli di architetture distribuite, ai problemi posti dalla necessità di collegare e fare cooperare sistemi di calcolo eterogenei, alle nuove e sempre più sofisticate modalità di interazione tra l'uomo e il calcolatore, al diffondersi della multimedialità.

Ed infine, con riferimento a problemi di tipo organizzativo all'interno delle aziende, al diffondersi alle nuove modalità di lavoro in gruppo; alla diffusione di forme di cooperazione mediante l'utilizzo di strumenti informatici e di comunicazione.

In questo scenario si colloca la lurea in ingegneria Informatica. Nata nel 1989 con il compito di recepire tutto il patrimonio culturale e tecnico degli indirizzi di Informatica e Automazione del precedente Corso di laurea in ingegneria Elettronica, si è trovata in questi ultimi anni con il compito di fornire una precisa figura professionale che sappia rispondere a tutte le nuove esigenze del mondo del lavoro citate precedentemente.

Il corso di laurea in ingegneria Informatica intende fornire, dapprima, un quadro formativo generale e comune, per poi dare allo studente la possibilità di orientare maggiormente la propria preparazione, tramite la scelta di un Indirizzo che dovrà essere scelto all'atto dell'iscrizione al quarto anno e caratterizzerà, poi, il titolo acquisito al termine degli studi.

La base comune, articolata in 23 Insegnamenti obbligatori, si occupa in particolare di fornire:
– una solida formazione fisico-matematica
– una buona conoscenza dei fondamenti dell'ingegneria elettrica, elettronica e delle telecomunicazioni
– una capacità di analisi ed interpretazione in termini di modelli logico-matematici dei problemi tecnici, economici e gestionali degli ambienti applicativi, unitamente ad una sicura capacità progettuale dei sistemi automatici ed informatici che li devono risolvere.

I due Indirizzi, denominati rispettivamente "Automatica e sistemi di automazione" e "Sistemi ed applicazioni informatici", interessano sei Insegnamenti.

Nell'ambito di ciascun indirizzo sono previsti sia Insegnamenti obbligatori sia Insegnamenti a scelta dello studente: questi ultimi propongono contenuti coordinati ad alta specializzazione, ma possono anche ospitare discipline di altri Corsi di laurea del settore dell'Informazione per allargare lo spettro della preparazione.

Indirizzo Automatica e Sistemi di Automazione

L'indirizzo approfondisce lo studio della modellistica e del controllo nonché delle tecnologie mediante le quali si realizzano i moderni sistemi di automazione industriale.

Lo scopo è quello di fornire le basi teoriche e pratiche per la progettazione di sistemi automatici di controllo sia di singoli apparati sia di complessi processi industriali. Contesti applicativi di riferimento sono la robotica, l'automazione di fabbrica, il controllo dei sistemi ambientali e di quelli di trasporto.

Indirizzo Sistemi ed Applicazioni Informatici

L'indirizzo approfondisce, sotto il profilo metodologico ed applicativo, il tema della progettazione e della gestione dei sistemi ed impianti informatici.

Argomenti caratterizzanti sono l'architettura delle macchine per l'elaborazione, le metodolo-

gie di sviluppo di sistemi software, la progettazione degli archivi di dati.

Contesti applicativi di riferimento sono i sistemi di elaborazione distribuiti, l'interazione operatore-macchina, l'intelligenza artificiale e la fabbrica del software.

Orientamento Gestionale

L'orientamento gestionale si propone di fornire le conoscenze di base per lo studio dei problemi gestionali ed organizzativi. In particolare vengono trattate le metodologie fondamentali che considerano l'aspetto globale di integrazione delle varie componenti dei sistemi organizzativi e ne ottimizzano il comportamento in rapporto agli obiettivi fissati. Gli strumenti e le tecniche proprie dell'economia, dell'elaborazione delle informazioni, della gestione aziendale, dell'ottimizzazione e simulazione dei sistemi complessi, dell'automazione industriale assumono in tale contesto una notevole rilevanza. I corsi dell'orientamento trattano gli aspetti sia metodologici che tecnologici indispensabili per la progettazione e la gestione dei sistemi organizzativi, con particolare attenzione ai problemi economici e di integrazione dei sistemi informativi aziendali.

Per Studenti immatricolati negli anni accademici 1999/2000 e 2000/2001

ANNO IV

2168000000179734	(sem.) ANALISI MATEMATICA L-D (1)	1 ciclo
2168000000179844	(sem.) FISICA GENERALE L-D (1)	1 ciclo
2168000000240004	(sem.) RETI LOGICHE L-B (2)	1 ciclo
2168000000240014	(sem.) CALCOLATORI ELETTRONICI L-B (3)	3 ciclo
2168000000041264	CONTROLLO DEI PROCESSI (4)	1 e 2 ciclo
2168000000002514	ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (5)	1 ciclo
	ORIENTAMENTO GESTIONALE	
2168000000111454	RETI DI CALCOLATORI (6)	1 e 3 ciclo
2168000000134774	OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA (7)	1 e 2 ciclo
	INDIRIZZO AUTOMATICA E SISTEMI DI AUTOMAZIONE INDUSTRIALE	
2168000000129694	INGEGNERIA E TECNOLOGIE DEI SISTEMI DI CONTROLLO (8)	1 e 2 ciclo
2168000000006874	MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE (9)	2 e 3 ciclo
	INDIRIZZO SISTEMI ED APPLICAZIONI INFORMATICI	
2168000000090324	RETI DI CALCOLATORI (6)	1 e 3 ciclo
2168000000111454	INGEGNERIA DEL SOFTWARE (10)	2 e 3 ciclo

ANNO V

	(sem.) CHIMICA B (11)	?
	(sem.) ELETTROTECNICA B (12)	2 ciclo
	(sem.) FONDAMENTI DELLA MISURAZIONE L-A (1)	?

ORIENTAMENTO GESTIONALE

(sem.) SISTEMI INFORMATIVI L-B	1 ciclo
(sem.) SISTEMI INFORMATIVI LS	2 ciclo

7 insegnamenti semestrali a scelta di cui almeno 5 tra i seguenti:

(sem.) ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA LS (13)	2 ciclo
(sem.) GESTIONE DELL'INNOVAZIONE E DEI PROGETTI LS	1 ciclo
(sem.) INGEGNERIA DEL SOFTWARE LS	1 ciclo
(sem.) INTELLIGENZA ARTIFICIALE LS (14)	3 ciclo
(sem.) PIANIFICAZIONE E ORGANIZZAZIONE DELLA RICERCA E DELLO SVILUPPO LS (15)	3 ciclo
(sem.) RETI DI CALCOLATORI LS	2 ciclo
(sem.) SISTEMI OPERATIVI LS	2 ciclo

e gli eventuali restanti tra i seguenti (°):

(sem.) LINGUAGGI E TRADUTTORI LS (16)	1 ciclo
(sem.) PROGETTAZIONE E PRODUZIONE MULTIMEDIALE LS (17)	2 ciclo

INDIRIZZO AUTOMATICA E SISTEMI DI AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

(sem.) ARCHITETTURE DI ELABORAZIONE PER SISTEMI DI CONTROLLO LS (18)	3 ciclo
(sem.) IDENTIFICAZIONE DEI MODELLI E ANALISI DEI DATI L-A (1)	3 ciclo
(sem.) MODELLISTICA E SIMULAZIONE L-A (19)	2 ciclo
(sem.) ROBOTICA INDUSTRIALE L-A (19)	1 ciclo

5 insegnamenti semestrali a scelta di cui almeno 3 tra i seguenti:

(sem.) INGEGNERIA DEL SOFTWARE LS	1 ciclo
(sem.) INTELLIGENZA ARTIFICIALE LS (14)	3 ciclo
(sem.) LINGUAGGI E TRADUTTORI LS (16)	1 ciclo
(sem.) RETI DI CALCOLATORI L-A	1 ciclo
(sem.) SISTEMI DI ELABORAZIONE LS (20)	3 ciclo
(sem.) SISTEMI INFORMATIVI L-B	1 ciclo
(sem.) SISTEMI OPERATIVI LS	2 ciclo
(sem.) TEORIA E TECNICHE DI ELABORAZIONE DELLA IMMAGINE LS (21)	3 ciclo

e gli eventuali restanti tra i seguenti (°):

(sem.) GESTIONE DELL'INNOVAZIONE E DEI PROGETTI LS	1 ciclo
(sem.) PIANIFICAZIONE E ORGANIZZAZIONE DELLA RICERCA E DELLO SVILUPPO LS (15)	3 ciclo
(sem.) PROGETTAZIONE E PRODUZIONE MULTIMEDIALE LS (17)	2 ciclo

INDIRIZZO SISTEMI ED APPLICAZIONI INFORMATICI

(sem.) SISTEMI INFORMATIVI L-B	1 ciclo
(sem.) SISTEMI OPERATIVI LS	2 ciclo

7 insegnamenti semestrali a scelta di cui almeno 5 tra i seguenti:

(sem.) INTELLIGENZA ARTIFICIALE LS (14)	3 ciclo

(sem.) LINGUAGGI E TRADUTTORI LS (16)	1 ciclo
(sem.) PROGETTAZIONE E PRODUZIONE MULTIMEDIALE LS (17)	2 ciclo
(sem.) RETI DI CALCOLATORI LS	2 ciclo
(sem.) SISTEMI INFORMATIVI LS	2 ciclo
(sem.) SISTEMI DI ELABORAZIONE LS (20)	3 ciclo
(sem.) TEORIA E TECNICHE DI ELABORAZIONE DELLA IMMAGINE LS (21)	3 ciclo
e gli eventuali restanti tra i seguenti (°):	
(sem.) ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA LS (13)	2 ciclo
(sem.) GESTIONE DELL'INNOVAZIONE E DEI PROGETTI LS	1 ciclo
(sem.) PIANIFICAZIONE E ORGANIZZAZIONE DELLA RICERCA E DELLO SVILUPPO LS (15)	3 ciclo

Note:

(1) Corso mutuato dall'omonimo insegnamento afferente al Corso di Laurea 0048 - Ingegneria Elettronica.

(2) Corso mutuato dall'insegnamento "Sistemi digitali LS" afferente al Corso di Laurea Specialistica 0234 - Ingegneria Informatica.

(3) Corso mutuato dall'insegnamento "Calcolatori elettronici LS" afferente al Corso di Laurea Specialistica 0234 - Ingegneria Informatica.

(4) Corso integrato mutuato dagli insegnamenti "Sistemi di controllo digitale L-A" e "Controlli automatici LS" afferenti rispettivamente al Corso di Laurea 0055 - Ingegneria dell'Automazione e al Corso di Laurea Specialistica 0234 - Ingegneria Informatica.

(5) Corso integrato mutuato dagli insegnamenti "Economia e organizzazione aziendale L-A" e "Economia dell'ICT L-A" afferenti al Corso di Laurea 0051 - Ingegneria Informatica.

(6) Corso integrato mutuato dagli insegnamenti "Reti di calcolatori L-A" e "Amministrazione di reti di calcolatori L-A" afferenti al Corso di Laurea 0051 - Ingegneria Informatica.

(7) Corso integrato mutuato dagli insegnamenti "Algoritmi di ottimizzazione LS" e "Ottimizzazione delle risorse LS" afferenti al Corso di Laurea Specialistica 0234 - Ingegneria Informatica.

(8) Corso integrato mutuato dagli insegnamenti "Ingegneria e tecnologie dei sistemi di controllo L-A" e "Laboratorio di automazione L-A" afferenti al Corso di Laurea 0055 - Ingegneria dell'Automazione.

(9) Corso mutuato dall'omonimo insegnamento afferente al Corso di Laurea 2149 - Ingegneria Meccanica.

(10) Corso integrato mutuato dagli insegnamenti "Ingegneria del software LS" e "Laboratorio di informatica L-B" afferenti rispettivamente al Corso di Laurea Specialistica 0234 - Ingegneria Informatica e al Corso di Laurea 0051 - Ingegneria Informatica.

(11) Corso mutuato dall'insegnamento "Fondamenti di chimica L-B" afferente al Corso di Laurea 0048 - Ingegneria Elettronica.

(12) Corso mutuato dall'insegnamento "Macchine ed azionamenti elettrici L-A" afferente al Corso di Laurea 0055 - Ingegneria dell'Automazione.

(13) Corso mutuato dall'insegnamento "Sistemi di gestione integrati L-A" afferente al Corso di Laurea 0048 - Ingegneria Elettronica.

(14) Corso mutuato dall'insegnamento "Fondamenti di intelligenza artificiale LS" afferente al Corso di Laurea Specialistica 0234 - Ingegneria Informatica.

(15) Corso mutuato dall'insegnamento "Politica tecnologica e della ricerca nell'Unione Europea L-A" afferente al Corso di Laurea 0048 - Ingegneria Elettronica.

(16) Corso mutuato dall'insegnamento "Linguaggi e modelli computazionali LS" afferente al Corso di Laurea Specialistica 0234 - Ingegneria Informatica.

(17) Corso mutuato dall'insegnamento "Tecnologie WEB L-A" afferente al Corso di Laurea 0051 - Ingegneria Informatica.

(18) Corso mutuato dall'insegnamento "Sistemi di controllo distribuito LS" afferente al Corso di Laurea Specialistica 0234 - Ingegneria Informatica.

(19) Corso mutuato dall'omonimo insegnamento afferente al Corso di Laurea 0055 - Ingegneria dell'Automazione.
(20) Corso mutuato dall'insegnamento "Sistemi in tempo reale LS" afferente al Corso di Laurea Specialistica 0234 - Ingegneria Informatica.
(21) Corso mutuato dall'insegnamento "Elaborazione dell'immagine LS" afferente al Corso di Laurea Specialistica 0234 - Ingegneria Informatica.

(°) La scelta può riguardare anche qualunque altro insegnamento incluso nel Piano Didattico dei Corsi di Laurea Specialistica in Ingegneria Elettronica, Ingegneria Informatica, Ingegneria delle Telecomunicazioni.
DUE INSEGNAMENTI SEMESTRALI A SCELTA POSSONO ESSERE SOSTITUITI CON ATTIVITA' DI TIROCINIO.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA (2149)

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Umberto Meneghetti

Il corso di laurea in Ingegneria Meccanica è articolato in 5 Indirizzi e un Orientamento, e prevede 22 Insegnamenti obbligatori sul piano di Facoltà, 6 obbligatori dell'Indirizzo o dell'Orientamento prescelto e uno a scelta fra tutti quelli attivati nell'ambito del Corso di laurea.

Gli Insegnamenti obbligatori coprono i più importanti settori dell'ingegneria Meccanica e forniscono all'allievo un'ampia preparazione di base; gli Insegnamenti di Indirizzo permettono di approfondire la preparazione in alcuni dei numerosi campi nei quali si svolge l'attività professionale dell'ingegnere Meccanico, con lo scopo soprattutto di indicare metodologie e tematiche di alto valore formativo.

Indirizzo Automazione Industriale e Robotica

Acquisire competenze nel settore della Automazione industriale è sempre più importante per gli allievi ingegneri meccanici, sia perché la sua diffusione nei processi produttivi di qualunque genere è oramai generalizzata, sia per il fatto che, nel comparto produttivo locale, la progettazione e la costruzione delle macchine automatiche rappresentano un settore di primaria importanza per consistenza di fatturato e livello tecnologico.

L'indirizzo Automazione Industriale e Robotica si propone un approccio ai temi di base della automazione industriale, guidando allo studio funzionale, progettuale ed operativo dei mezzi tecnici per l'automazione dei processi produttivi di tipo discreto.

L'offerta didattica prevede, accanto a due Insegnamenti di carattere generale orientati all'analisi ed al progetto delle macchine automatiche nella loro diversa tipologia, alcuni contributi strettamente focalizzati su tematiche di rilevante interesse teorico ed applicativo: un Insegnamento di base sugli azionamenti elettrici, fondamentali nella automazione moderna; un Insegnamento di meccanica delle vibrazioni, particolarmente importante per lo studio di problemi funzionali e costruttivi delle moderne macchine ad alta velocità ed infine alcuni Insegnamenti di logistica relativi alla organizzazione ed al funzionamento di sistemi produttivi automatizzati.

Si offre così un quadro abbastanza completo dei principali aspetti dell'automazione industriale, spaziando dai problemi strettamente tecnici a quelli organizzativi e di gestione, in una ottica generale in cui risulta prevalente la visione generale di sistema.

Indirizzo Costruzioni

L'indirizzo Costruzioni si propone l'approfondimento dello studio della impostazione, sviluppo e gestione del progetto costruttivo delle macchine nei suoi aspetti funzionale, produttivo ed economico.

L'articolazione dell'indirizzo prevede, accanto ai tre Insegnamenti di carattere generale orientati all'analisi ed al progetto delle macchine quali Costruzione di macchine II, Costruzione di macchine automatiche e robot e Analisi sperimentale delle tensioni, un Insegnamento di Meccanica delle vibrazioni, particolarmente importante per lo studio di problemi funzionali e costruttivi delle moderne macchine ad alta velocità, un Insegnamento di Disegno II orientato alle tecniche di Progettazione assistita con il computer, un insegnamento a scelta che può riguardare un approfondimento dei principi e dei metodi di progettazione, degli azionamenti elettrici o della conoscenza e della scelta dei materiali (Scienza dei metalli e Tecnologie generali dei materiali).

Si offre così un quadro abbastanza completo dei principali aspetti della progettazione meccanica, attraverso lo studio dei metodi che consentono una organizzazione moderna dell'impresa industriale, con particolare attenzione all'ufficio tecnico e, in generale, una progettazione per la qualità e l'affidabilità dei prodotti.

Indirizzo Energia

L'Indirizzo Energia approfondisce gli argomenti che vengono trattati negli Insegnamenti di Macchine; vengono studiati gli scambi energetici fra i fluidi e le parti delle macchine con una visione funzionale dei problemi dell'ingegneria meccanica, focalizzata cioè sull'applicazione finale, sul comportamento operativo di quegli insiemi che costituiscono le macchine, motrici ed operatrici che siano.

Lo studio si sviluppa in un completo che comprende sia i problemi di base come quelli dell'aerodinamica, sia quelli conclusivi della regolazione e del controllo, indispensabili per il governo al meglio degli apparati.

Indirizzo Materiali

Questo Indirizzo, con riferimento specifico ai materiali, consente di orientare la specializzazione dello studente nell'area tecnologica dell'organizzazione dei cicli produttivi ed in quella più specificamente applicativa della realizzazione di particolari meccanici.

In tale ottica, l'Insegnamento di Tecnologie generali dei materiali, oltre alla conoscenza dei vari tipi di materiali di maggiore interesse meccanico, approfondisce il problema della scelta corretta (tenendo conto degli aspetti sia tecnologici che economici) sia del materiale che della sequenza delle operazioni produttive che consentono di ottenere particolari meccanici con prefissate caratteristiche.

Altri Insegnamenti quali Analisi sperimentale delle tensioni e Costruzione di macchine II sono rivolti da un lato ad approfondire la conoscenza delle possibili sollecitazioni dei pezzi meccanici e del loro rilievo, dall'altro a perfezionare metodologie di calcolo e valutazione delle prestazioni dei materiali in esercizio in realizzazioni pratiche.

Gli altri Insegnamenti offrono opportuni complementi soprattutto nel campo della applicazione dei materiali in relazione alle esigenze di ordine funzionale.

Indirizzo Produzione

L'Indirizzo Produzione presenta all'allievo del Corso di Laurea in ingegneria Meccanica una trattazione completa delle tematiche, che riguardano i sistemi di produzione, le attrezzature e processi produttivi, fornendo le corrispondenti metodologie di analisi e i relativi criteri di scelta e progettazione. In particolare vengono trattati: i criteri generali di scelta (studio di fattibilità), progettazione e realizzazione degli impianti industriali siano essi manifatturieri o dell'industria di processo; la scelta del processo produttivo e i criteri di progettazione del ciclo di lavorazione; gli impianti ausiliari di servizio all'impianto tecnologico principale, con particolare attenzione anche agli impianti per il benessere dell'ambiente di lavoro; le tematiche dell'"energy saving" con particolare riferimento ai metodi di contenimento del costo energetico del prodotto e alle soluzioni impiantistiche per il risparmio ed il recupero energetico; i criteri di definizione e scelta della strumentazione industriale e dei sistemi di monitoraggio degli impianti meccanici e industriali ai fini del controllo di processo e di prodotto; i criteri di gestione dei materiali e di progettazione dei sistemi logistici all'interno della moderna fabbrica automatica flessibile; le metodologie di progettazione funzionale delle attrezzature automatiche, che intervengono nell'automazione dei processi produttivi.

Orientamento Trasporti

Questo Orientamento, caratterizzato dagli Insegnamenti "Tecnica ed economia dei trasporti"e "Progettazione dei sistemi di trasporto" (obbligatori) e "Sistemi di trazione" e "Teoria e tecnica della circolazione" (facoltativi), tratta i problemi relativi alla utilizzazione e alla progettazione dei sistemi di trasporto terrestri, aerei e marittimi.

Vengono inoltre approfonditi alcuni particolari aspetti tecnici ed economici, sicché l'orientamento fornisce all'allievo gli strumenti necessari per operare nel settore dei trasporti a livello sia organizzativo che progettuale.

ORIENTAMENTO TRASPORTI

ANNO IV

2149000134001964	CONTROLLI AUTOMATICI		1 ciclo
2149000134006704	MACCHINE UTENSILI		1 ciclo
2149000134527074	MISURE MECCANICHE, TERMICHE E COLLAUDI		1 ciclo
2149000134013844	COSTRUZIONE DI MACCHINE		2 ciclo
2149000134092684	ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE		2 ciclo
2149000134020784	MACCHINE I		2 ciclo
	1 materia a scelta tra (*):		

ANNO V

2149000134005155	IMPIANTI MECCANICI		1 ciclo
2149000134006675	MACCHINE II	(V)	1 ciclo
	5 materie a scelta tra (*) (1) preferibilmente fra i seguenti		
	(*) Materie a scelta per l'Orientamento Trasporti		
2149000134010315	TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI	(IV)	1 ciclo
2149000134111645	COSTRUZIONE DI MACCHINE II	(V)	2 ciclo
2149000134047105	MECCANICA DELLE VIBRAZIONI	(V)	2 ciclo
2149000134067765	SISTEMI DI TRAZIONE	(V)	2 ciclo
	2 annualità a scelta di cui 1 fra tutte quelle attivate nella Facoltà e 1 fra le seguenti:		
2149000134103824	AZIONAMENTI ELETTRICI	(IV)	1 ciclo

2149000134037264	DISEGNO DI MACCHINE	(IV)	1 ciclo
2149000134008865	SCIENZA DEI METALLI	(V)	1 ciclo
2149000134000025	AERODINAMICA	(V)	2 ciclo
2149000134041175	ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI	(V)	2 ciclo
2149000134102695	LOGISTICA INDUSTRIALE	(V)	2 ciclo
2149000134128204	TECNOLOGIE DI CHIMICA APPLICATA	(IV)	2 ciclo
2149000134111775	TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE	(V)	1 ciclo

INDIRIZZO AUTOMAZIONE INDUSTRIALE E ROBOTICA

ANNO IV

2149022000001964	CONTROLLI AUTOMATICI	1 ciclo
2149022000006704	MACCHINE UTENSILI	1 ciclo
2149022000527074	MISURE MECCANICHE, TERMICHE E COLLAUDI	1 ciclo
2149022000013844	COSTRUZIONE DI MACCHINE	2 ciclo
2149022000092684	ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE	2 ciclo
2149022000020784	MACCHINE I	2 ciclo

1 materia a scelta tra (*):

ANNO V

2149022000005155	IMPIANTI MECCANICI	1 ciclo
2149022000006675	MACCHINE II	1 ciclo

5 materie a scelta tra (*):

(*) Materie a scelta per l'Indirizzo Automazione industriale e robotica

2149022000104155	MECCANICA DEI ROBOT	(V)	1 ciclo
2149022000104145	COSTRUZIONE DI MACCHINE AUTOMATICHE E ROBOT	(V)	1 ciclo
2149022000103825	AZIONAMENTI ELETTRICI	(IV)	1 ciclo
2149022000102695	LOGISTICA INDUSTRIALE	(V)	2 ciclo
2149022000047105	MECCANICA DELLE VIBRAZIONI	(V)	2 ciclo

1 insegnamento a scelta (1), preferibilmente fra i seguenti:

2149022000037264	DISEGNO DI MACCHINE	(IV)	1 ciclo
2149022000008865	SCIENZA DEI METALLI	(V)	1 ciclo
2149022000111645	COSTRUZIONE DI MACCHINE II	(V)	2 ciclo
2149022000528035	ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E DEI SISTEMI LOGISTICI	(V)	2 ciclo
2149022000128204	TECNOLOGIE DI CHIMICA APPLICATA	(IV)	2 ciclo

INDIRIZZO COSTRUZIONI

ANNO IV

2149058000001964	CONTROLLI AUTOMATICI	1 ciclo
2149058000006704	MACCHINE UTENSILI	1 ciclo
2149058000527074	MISURE MECCANICHE, TERMICHE E COLLAUDI	1 ciclo
2149058000013844	COSTRUZIONE DI MACCHINE	2 ciclo
2149058000092684	ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE	2 ciclo
2149058000020784	MACCHINE I	2 ciclo

1 materia a scelta tra (*):

ANNO V

2149058000005155	IMPIANTI MECCANICI	1 ciclo

2149058000006675	MACCHINE II		1 ciclo
	5 materie a scelta tra (*):		
	(*) Materie a scelta per l'Indirizzo Costruzioni		
2149058000037265	DISEGNO DI MACCHINE	(IV)	1 ciclo
2149058000104145	COSTRUZIONE DI MACCHINE AUTOMATICHE E ROBOT	(V)	1 ciclo
2149058000041175	ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI	(V)	2 ciclo
2149058000111645	COSTRUZIONE DI MACCHINE II	(V)	2 ciclo
2149058000047105	MECCANICA DELLE VIBRAZIONI	(V)	2 ciclo
	1 insegnamento a scelta (1), preferibilmente fra i seguenti:		
2149058000103824	AZIONAMENTI ELETTRICI	(IV)	1 ciclo
2149058000104155	MECCANICA DEI ROBOT	(V)	1 ciclo
2149058000530335	PRINCIPI E METODOLOGIE DELLA PROGETTAZIONE MECCANICA	(V)	1 ciclo
2149058000008865	SCIENZA DEI METALLI	(V)	1 ciclo
2149058000021214	TECNOLOGIE GENERALI DEI MATERIALI	(IV)	1 ciclo
2149058000000025	AERODINAMICA	(V)	2 ciclo
2149058000128204	TECNOLOGIE DI CHIMICA APPLICATA	(IV)	2 ciclo

INDIRIZZO ENERGIA

ANNO IV

2149084000001964	CONTROLLI AUTOMATICI		1 ciclo
2149084000006704	MACCHINE UTENSILI		1 ciclo
2149084000527074	MISURE MECCANICHE, TERMICHE E COLLAUDI		1 ciclo
2149084000013844	COSTRUZIONE DI MACCHINE		2 ciclo
2149084000092684	ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE		2 ciclo
2149084000020784	MACCHINE I		2 ciclo
	1 materia a scelta tra (*):		

ANNO V

2149084000005155	IMPIANTI MECCANICI		1 ciclo
2149084000006675	MACCHINE II		1 ciclo
	5 materie a sceltra tra (*):		
	(*) Materie a scelta per l'indirizzo Energia		
2149084000128205	TECNOLOGIE DI CHIMICA APPLICATA	(IV)	2 ciclo
2149084000104195	DINAMICA E CONTROLLO DELLE MACCHINE	(V)	2 ciclo
2149084000104205	IMPIANTI INDUSTRIALI	(V)	2 ciclo
2149084000080815	TURBOMACCHINE	(V)	2 ciclo
	Una annualità delle seguenti tre:		
2149084000530335	PRINCIPI E METODOLOGIE DELLA PROGETTAZIONE MECCANICA	(V)	1 ciclo
2149084000104145	COSTRUZIONE DI MACCHINE AUTOMATICHE E ROBOT	(V)	1 ciclo
2149084000041175	ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI	(V)	2 ciclo
	1 insegnamento a scelta (1), preferibilmente fra i seguenti:		
2149084000037264	DISEGNO DI MACCHINE	(IV)	1 ciclo
2149084000134835	INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME	(V)	1 ciclo
2149084000530335	PRINCIPI E METODOLOGIE DELLA		

	PROGETTAZIONE MECCANICA	(V)	1 ciclo
2149084000008865	SCIENZA DEI METALLI	(V)	1 ciclo
2149084000000025	AERODINAMICA	(V)	2 ciclo
2149084000002705	ELETTRONICA APPLICATA (2)	(V)	2 ciclo
2149084000111654	GESTIONE DELL'ENERGIA	(IV)	2 ciclo
2149084000047665	IMPIANTI SPECIALI	(V)	2 ciclo
2149084000111684	INTERAZIONE FRA LE MACCHINE E L'AMBIENTE	(IV)	2 ciclo
2149084000047105	MECCANICA DELLE VIBRAZIONI	(V)	2 ciclo

INDIRIZZO MATERIALI

ANNO IV

2149122000001964	CONTROLLI AUTOMATICI		1 ciclo
2149122000006704	MACCHINE UTENSILI		1 ciclo
2149122000527074	MISURE MECCANICHE, TERMICHE E COLLAUDI		1 ciclo
2149122000013844	COSTRUZIONE DI MACCHINE		2 ciclo
2149122000092684	ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE		2 ciclo
2149122000020784	MACCHINE I		2 ciclo
	1 materia a scelta tra (*):		

ANNO V

2149122000005155	IMPIANTI MECCANICI		1 ciclo
2149122000006675	MACCHINE II		1 ciclo
	5 materie a sceltra tra (*):		
	(*) Materie a scelta per l'indirizzo Materiali		
2149122000021215	TECNOLOGIE GENERALI DEI MATERIALI	(IV)	1 ciclo
2149122000008865	SCIENZA DEI METALLI	(V)	1 ciclo
2149122000128205	TECNOLOGIE DI CHIMICA APPLICATA	(IV)	2 ciclo
2149122000041175	ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI	(V)	2 ciclo
2149122000111645	COSTRUZIONE DI MACCHINE II	(V)	2 ciclo
	1 insegnamento a scelta (1), preferibilmente fra i seguenti:		
2149122000103824	AZIONAMENTI ELETTRICI	(IV)	1 ciclo
2149122000037264	DISEGNO DI MACCHINE	(IV)	1 ciclo
2149122000530335	PRINCIPI E METODOLOGIE DELLA PROGETTAZIONE MECCANICA	(V)	1 ciclo
2149122000047665	IMPIANTI SPECIALI	(V)	2 ciclo
2149122000022355	SCIENZA DEI MATERIALI	(V)	2 ciclo

INDIRIZZO PRODUZIONE

ANNO IV

2149164000001964	CONTROLLI AUTOMATICI		1 ciclo
2149164000006704	MACCHINE UTENSILI		1 ciclo
2149164000527074	MISURE MECCANICHE, TERMICHE E COLLAUDI		1 ciclo
2149164000013844	COSTRUZIONE DI MACCHINE		2 ciclo
2149164000092684	ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE		2 ciclo
2149164000020784	MACCHINE I		2 ciclo
	1 materia a scelta tra (*):		

ANNO V

2149164000005155	IMPIANTI MECCANICI		1 ciclo

2149164000006675	MACCHINE II		1 ciclo
	5 materie a sceltra tra (*):		
	(*) Materie a scelta per l'indirizzo Produzione		
2149164000104145	COSTRUZIONE DI MACCHINE AUTOMATICHE E ROBOT	(V)	1 ciclo
2149164000104205	IMPIANTI INDUSTRIALI	(V)	2 ciclo
	2 annualità delle seguenti 3:		
2149164000047665	IMPIANTI SPECIALI	(V)	2 ciclo
2149164000104215	SERVIZI GENERALI DI IMPIANTO	(V)	2 ciclo
2149164000134825	STRUMENTAZIONE E AUTOMAZIONE INDUSTRIALE	(V)	2 ciclo
	1 annualità delle seguenti 2:		
2149164000021214	TECNOLOGIE GENERALI DEI MATERIALI	(IV)	1ciclo
2149164000111735	STUDI DI FABBRICAZIONE	(V)	2 ciclo
	1 insegnamento a scelta (1), preferibilmente fra i seguenti:		
2149164000104155	MECCANICA DEI ROBOT	(V)	1 ciclo
2149164000021214	TECNOLOGIE GENERALI DEI MATERIALI	(IV)	1 ciclo
2149164000037264	DISEGNO DI MACCHINE	(IV)	1ciclo
2149164000008865	SCIENZA DEI METALLI	(V)	1ciclo
2149164000047665	IMPIANTI SPECIALI	(V)	2 ciclo
2149164000102695	LOGISTICA INDUSTRIALE	(V)	2 ciclo
2149164000528035	ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E DEI SISTEMI LOGISTICI	(V)	2 ciclo
2149164000104215	SERVIZI GENERALI DI IMPIANTO	(V)	2 ciclo
2149164000134825	STRUMENTAZIONE E AUTOMAZIONE INDUSTRIALE	(V)	2 ciclo
2149164000111735	STUDI DI FABBRICAZIONE	(V)	2 ciclo
2149164000128204	TECNOLOGIE DI CHIMICA APPLICATA	(IV)	2 ciclo

(1) Fra tutte quelle attivate nella Facoltà
(2) Corso costituito dall'insieme delle due parti di Elettronica applicata contenute nei seguenti due corsi semestrali in serie: Elettronica applicata I e Elettronica applicata II del Corso di Laurea In Ingegneria Nucleare

---

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA NUCLEARE (2150)

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Tullio Trombetti

L'obiettivo generale del Corso di laurea in ingegneria Nucleare è quello di fornire un'ampia base culturale interdisciplinare e una qualificazione professionale approfondita e flessibile che costituiscono lo strumento più efficace per consentire agli allievi di mantenersi al passo con il rapido e incessante rinnovamento conoscitivo e tecnologico dell'odierno mondo industriale (in cui un grave rischio è costituito appunto dalla parcellizzazione e dalla rapida obsolescenza delle conocenze), e di affrontare con successo attività di ricerca e sviluppo, applicazioni tecnologiche avanzate e problematiche complesse e di ampio respiro non solo nel campo nucleare ma in generale in un ambito industriale allargato.

La competenze professionali che il curriculum del Corso di laurea impartisce agli allievi nu-

cleari sono legate a filoni assai ampi da sempre propri dell'ingegneria Nucleare che può essere caratterizzata in primo luogo come ingegneria di sistema e in secondo luogo come ingegneria di tecnologie avanzate.

La prima caratteristica è derivata dall'essere storicamente il sistema nucleare la sintesi di realizzazioni scientifiche e tecnologiche che richiedevano competenze avanzate in tutti i settori dell'ingegneria. Analisi di sistema, modellistica di sistemi complessi, affidabilità, garanzia della qualità, analisi di sicurezza, valutazione e prevenzione del rischio e dell'impatto ambientale sono tutte discipline che caratterizzano la figura professionale dell'ingegnere Nucleare. Molte di queste hanno ricevuto dalle esigenze rigorose, tipiche dell'industria nucleare, un impulso determinante per il loro progesso scientifico e tecnico.

La seconda caratteristica è legata sia all'impulso che l'ingegneria Nucleare ha fornito ad alcune specifiche tecnologie sia all'esportazione di metodologie di indagine tipiche dell'ingegneria Nucleare ad altri settori (scienze biologiche e mediche, scienze ambientali, applicazioni industriali dei plasmi, ...).

Attualmente il Corso di laurea è strutturato su 29 unità didattiche. Di queste, 5 sono a scelta dello studente e fanno capo a due Orientamenti: l'Orientamento Impiantistico-Costruttivo e l'Orientamento Ingegneria fisica e Modellistica. Le altre discipline tipiche dell'ingegneria industriale in generale e dell'ingegneria Nucleare in particolare sono comuni ad entrambi gli orientamenti e concorrono a formare le basi interdisciplinari del Corso di laurea.

Orientamento Impiantistico-Costruttivo

L'Orientamento si propone, partendo dalle conoscenze ingegneristiche di base fornite dagli Insegnamenti fondamentali dell'ingegneria industriale e da quelli obbligatori dell'ingegneria Nucleare di più marcata caratterizzazione ingegneristica (Impianti nucleari, Termotecnica del reattore, Progetti e costruzioni nucleari, Misura delle radiazioni e protezione - Insegnamenti nei quali sempre più ampio spazio viene riservato ad aspetti di interesse e di applicabilità generale) di completare la formazione di ingegneri Nucleari in senso industriale con approfondite conoscenze nel settore degli impianti per la produzione di energia, quindi anche degli impianti elettronucleari, ma con solide basi di professionalità in tematiche avanzate e di sicuro interesse nel comparto industriale allargato.

In dipendenza delle scelte degli studenti (si rammenta infatti la possibilità di due insegnamenti a scelta nel IV anno e tre insegnamenti a scelta nel V anno, per un totale di cinque Insegnamenti a scelta su un totale di otto inseriti nell'orientamento) verranno sviluppate tematiche quali:

– analisi dei diversi sistemi di produzione d'energia e degli effetti ambientali e sanitari connessi, lo studio dei criteri e delle problematiche legate alla definizione e alla scelta dei siti suscettibili di insediamenti energetici in particolare e industriali in generale, l'analisi di rischio dei sistemi complessi di produzione finalizzata alla definizione dei livelli di sicurezza dei suddetti sistemi;

– lo studio e l'approfondimento delle moderne tecniche e metodologie di progettazione sia di parti e di componenti impiantistici complessi di tipo meccanico, con l'analisi degli effetti strutturali di carichi meccanici e termici variabili, sia di parti e di apparecchiature elettriche, con particolare riferimento agli azionamenti ed alle problematiche connesse alla presenza di disturbi elettromagnetici condotti ed irraggiati, ed alle linee guida per la progettazione di apparecchiatutre elettriche compatibili con le più recenti normative, l'analisi delle proprietà e delle caratteristiche dei materiali in relazione al loro impiego in campo impiantistico, sia in ambito meccanico che elettrico, "in una" coi necessari approfondimenti in merito alle tecnologie generali a supporto.

La motivazione di fondo dell'Orientamento proposto è quella, pertanto, di rispondere alla do-

Università di Bologna
BIBLIOTECA
INGEGNERIA
BOLOGNA

manda di ingegneri sì Nucleari ma con elevata qualificazione tecnico-professionale che li ponga in condizione di affrontare con successo problematiche complesse ed avanzate in un ambito industriale allargato.

Orientamento Ingegneria-Fisica e Modellistica

Questo Orientamento trova una prima importante motivazione in un contesto di armonizzazione ed inserimento in ambito europeo dei "curricula" di studio offerti dalle università italiane. Infatti lauree o curricula aventi questa denominazione, o altre affini, sono da tempo attivati all'interno della Comunità Europea in Paesi di grandi tradizioni culturali e industriali. In questo spirito l'Orientamento intende quindi anche rispondere alle aspirazioni di quegli studenti che si iscrivono al Corso di laurea in ingegneria Nucleare attirati dalla sua doppia valenza di curriculum professionale tipico dell'ingegneria industriale unito ad un marcato contenuto fisico. A questi studenti l'Orientamento intende fornire strumenti concettuali e metodologie che trovano crescente applicazione industriale.

Ciò risponde anche all'esigenza, oggi sempre più sentita nel mondo produttivo, di una formazione altamente flessibile e interdisciplinare dell'allievo ingegnere.

Al fine di realizzare questi obiettivi l'Orientamento di Ingegneria-fisica e Modellistica è dedicato anzitutto ad ampliare ed approfondire le conoscenze fisiche e matematiche di base fornite dalle discipline fondamentali (in particolare da quelle di Fisica nucleare, Metodi matematici per i reattori nucleari, Elementi di fisica dei reattori a fissione e fusione, Misura delle radiazioni e protezione etc.) specifiche del corso di laurea, e quindi a sviluppare capacità di modellazione fisica e computazionale di fenomeni e sistemi complessi. L'obiettivo è di fornire agli allievi le competenze metodologiche e professionali richieste:

– per la progettazione fisica di tali sistemi. tra i quali quelli dedicati alla produzione e trasformazione di energia;

– per l'applicazione a tali sistemi delle moderne tecniche di simultanea e combinata trattazione delle problematiche di analisi di sicurezza affidabilità garanzia di qualità, impatto ambientale (tutte problematiche alla cui origine ed evoluzione l'ingegneria Nucleare ha dato un contributo determinante e spesso dominante);

– per lo sviluppo delle applicazioni delle tecniche nucleari e delle radiazioni (laser, macchine acceleratrici, ...); per lo sviluppo dei plasmi per applicazioni industriali (trattamento dei materiali, trattamento delle superfici, metallurgia a plasma, chimica del plasma) e più in generale delle tecnologie avanzate aventi rilevante contenuto fisico nell'ambito delle scienze applicate (biologiche. geologiche, ambientali, ...) e dei processi industriali.

L'impostazione dell'Orientamento è intesa a realizzare l'obiettivo generale del Corso di laurea che è quello di fornire agli allievi una base culturale ampia e una qualificazione professionale flessibile, che li pongano in grado di dedicarsi con successo ad attività di ricerca e sviluppo e ad applicazioni tecnologiche avanzate, non solo nel campo nucleare ma in generale nel settore industriale.

Gli insegnamenti semestrali hanno l'indicazione (sem); gli altri sono annualità

ANNO IV

Insegnamento	Ciclo
Costruzione di macchine	1
Fondamenti di Fisica dei Reattori a Fissione e a Fusione	1

Economia ed Organizzazione Aziendale	2
Macchine	2

2 annualità di orientamento a scelta

ANNO V

Insegnamento	Ciclo
Impianti Nucleari	1
Termotecnica del Reattore	1
Cinetica e Controllo dei Reattori Nucleari	2
Radioprotezione Fisica	2

3 annualità di orientamento a scelta

Orientamenti

1) Orientamento Impiantistico Costruttivo

Insegnamento	Anno di corso	Ciclo
Sicurezza e Analisi di Rischio	IV	1
Tecnologia dei Materiali Nucleari	IV	2
Energetica e Sistemi Nucleari (sem)	V	2
Localizzazione dei Sistemi Energetici (sem)	V	2
Metodi Numerici per i Reattori Nucleari	V	1
Reattori Nucleari Avanzati	V	2

2) Orientamento Ingegneria Fisica e Modellistica

Insegnamento	Anno di corso	Ciclo
Tecnologia dei Materiali Nucleari	IV	2
Trasporto di Particelle e di Radiazione	IV	1
Energetica e Sistemi Nucleari (sem)	V	2
Localizzazione dei Sistemi Energetici (sem)	V	2
Metodi Numerici per i Reattori Nucleari	V	1
Reattori Nucleari Avanzati	V	2

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO (2151)

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Sante Fabbri

Il Corso di laurea in ingegneria per l'Ambiente e il Territorio è stato istituito con la modifica dell'orientamento didattico della Facoltà di Ingegneria, emanato con D.P.R. in data 20/5/89. In esso sono riuniti alcuni Corsi di laurea precedentemente autonomi, finalizzati alla formazione di tecnici specializzati in tematiche volte alla protezione dell'ambiente dagli effetti potenzialmente negativi delle attività umane, allo studio ed alla pianificazione del territorio ai fini del suo utilizzo e della sua conservazione, allo sfruttamento razionale delle materie prime presenti nel sottosuolo.

Il Corso di laurea, avente caratteristiche intersettoriali, può essere articolato in Indirizzi definiti a livello nazionale e che vengono a prendere il posto delle sezioni del vecchio ordinamento. In particolare, esso è caratterizzato dai seguenti Indirizzi:

- Ambiente;
- Difesa del suolo;
- Georisorse;
- Geotecnologie;
- Pianificazione e gestione territoriale.

Comuni a tutti gli indirizzi sono:

- una base fisico-matematica integrata da conoscenze essenziali nel campo della elaborazione dell'informazione e in quello dell'economia;
- la presenza delle discipline tecnico applicative proprie dei settori civile ed industriale;
- una solida preparazione nel campo delle Scienze della Terra, considerata come fonte di materie prime, come ambiente in cui costruire e come bene da preservare dal degrado geologico ed ambientale.

Indirizzo Ambiente

È destinato a coordinare le esperienze didattiche e scientifiche proprie del settore dell'ingegneria Sanitaria e dell'ingegneria Chimica-ambientale. Inoltre ha come obiettivo la formazione di un tecnico in grado di:

- valutare i rischi ambientali conseguenti ad attività produttive o di servizi;
- controllare o modificare i processi industriali che possono produrre inquinamento;
- studiare le tecniche e progettare gli impianti per il disinquinamento e il recupero dell'ambiente;
- progettare gli impianti per il trattamento dei rifiuti solidi, liquidi e gassosi.

Indirizzo Difesa del Suolo

Ha per obiettivo la formazione di un ingegnere capace di progettare, realizzare e gestire interventi di prevenzione del dissesto del territorio per cause naturali o antropiche ed il recupero dello stesso, qualora interessato da fenomeni in atto; in particolare tra i principali interventi si possono ricordare:

- la sistemazione di bacini idrografici;
- la protezione dei litorali;
- la prevenzione di frane e scoscendimenti;
- la protezione da rischio sismico.

Indirizzo Georisorse

Ha come scopo la preparazione degli ingegneri nei settori della ricerca, della produzione e della valorizzazione delle materie prime minerali, dei materiali litoidi e delle pietre ornamentali e da costruzione, dei combustibili fossili (con particolare riferimento agli idrocarburi) e delle acque sotterranee.

La trattazione di questi settori culturali richiede tecniche particolari e diverse tra di loro a seconda che le risorse si presentino allo stato naturale come solide, liquide o gassose e che vengano estratte a cielo aperto o in sotterraneo, con metodi convenzionali oppure speciali.

L'utilizzazione delle risorse geologiche e minerarie del territorio richiede, inoltre, di operare con criteri di ottimizzazione del bilancio economico, di sicurezza del lavoro e di difesa ambientale, in particolare ove sono più intensi gli insediamenti antropici.

Indirizzo Geotecnologie

Fornisce la cultura tecnico-progettuale che consente di formulare modelli di comportamento dell'interazione tra opere di ingegneria e contesto geologico (terreni e rocce).

Vengono così affrontati i temi della progettazione, realizzazione, controllo e direzione dei lavori per le opere realizzate sul territorio con costruzioni nei terreni e nelle rocce, a cielo aperto ed in sotterraneo, ed atte ad ospitare funzioni della vita associativa e ad insediare strutture di servizio (gallerie di transito, di trasporto; caverne di deposito di produzione, etc.) operando con criteri di sicurezza del lavoro e di previsione e prevenzione delle ripercussioni ambientali nell'ambito della normativa nazionale e locale.

Indirizzo Pianificazione e Gestione Territoriale

Si propone di formare un ingegnere in grado di operare nella gestione del territorio, nella progettazione delle infrastrutture e dei sistemi insediativi.

L'indirizzo intende fornire elementi per la determinazione di un corretto campo di applicazione delle tecniche quantitative nella pianificazione territoriale alle diverse scale.

Come si vede, i cinque Indirizzi del Corso di laurea in ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, coprono un'area molto vasta e, tuttavia, obiettivo comune a tutti è quello di creare una medesima figura di ingegnere avente conoscenze interdisciplinari, che può trovare la sua collocazione in Società di ingegneria, Pubbliche amministrazioni, Industrie ed Enti preposti alla progettazione e alla gestione delle infrastrutture e delle opere di difesa del suolo e dell'ambiente, nonché nella libera professione.

Gli Insegnamenti del Corso di laurea sono organizzati in raggruppamenti e le annualità necessarie per il conseguimento della laurea sono 28, di cui 9 comuni a tutti i Corsi di laurea in ingegneria ed i rimanenti caratterizzanti il Corso di laurea e i cinque Indirizzi.

Anno di Corso	I CICLO	II CICLO
IV	Meccanica delle rocce Topografia *4 Materie di Indirizzo*	
V	*5 Materie di Indirizzo*	
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE		
AMBIENTE		
IV	Idrologia *1 Materia a Scelta*	Ingegneria sanitaria ambientale Principi di ingegneria chimica ambientale
V	Ingegneria del territorio *2 Materie a Scelta*	Modellistica e controllo dei sistemi ambientali Ingegneria chimica ambientale

	A) Orientamento INGEGNERIA PROCESSO	
	Chimica industriale (V) Analisi di sicurezza nell'industria di processo (V)	Processi biotecnologici ambientali (V) Analisi strumentale e controllo dei materiali (sem) (IV) Tecnica della sicurezza ambientale (IV) Idrogeologia applicata (sem)(IV)
	B) Orientamento INGEGNERIA SANITARIA	
	Meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem) (IV) Acquedotti e fognature(V) Ingegneria delle materie prime (V) Ingegneria sanitaria ambientale II (V) Costruzioni idrauliche (V)	Idrogeologia applicata (sem)(IV) Gestione delle risorse idriche (V)
	C) Orientamento INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME	
	Meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem) (IV) Ingegneria delle materie prime (V) Chimica industriale (V)	Idrogeologia applicata (sem)(IV) Cave e recupero ambientale (V) Interazione fra le macchine e l'ambiente (V)
	D) Orientamento BIOTECNOLOGIA AMBIENTALE	
	Analisi di sicurezza nell'industria di processo (V)	Biochimica industriale (IV) Processi biotecnologici ambientali (V)
	E) Orientamento COSTRUZIONI AMBIENTALI	
	Costruzioni idrauliche (V)	Tecnica delle costruzioni (IV) Cave e recupero ambientale (V)
	DIFESA DEL SUOLO	
IV	Idrologia Costruzioni idrauliche	Ingegneria sanitaria ambientale Tecnica delle costruzioni Geotecnica
V	Protezione idraulica del territorio (V) Meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem) *2 Materie a Scelta*	Tecnica dei sondaggi
	MATERIE A SCELTA	
	Geofisica Applicata (V) Ingegneria del territorio (V) Fotogrammetria (V) Geostatistica applicata (sem) (V) Costruzioni marittime	Modellistica e controllo dei sistemi amb. (V) Consolidamento dei terreni (V) Gestione delle risorse idriche (V) Cave e recupero ambientale (V) Idrogeologia applicata (sem) (V) Tecnica della sicurezza ambientale (V)
	GEORISORSE	
IV	Giacimenti minerari *1 Materia a Scelta*	Arte mineraria
V	Ingegneria delle materie prime Geofisica applicata *1,5 Materie a Scelta*	Diritto dell'ambiente (sem) Tecnica dei sondaggi Ingegneria dei giacimenti di idrocarburi

	A) Orientamento MINIERE E CAVE	
	Meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem) (IV) Geostatistica applicata (sem) (IV)	Idrogeologia applicata (sem) (IV) Cave e recupero ambientale (V) Diritto minerario (sem) (V)
	B) Orientamento IDROCARBURI E FLUIDI ENDOGENI	
	Meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem) (IV) Geostatistica applicata (sem) (IV)	Idrogeologia applicata (sem) (IV) Misure e controlli nei giacimenti di idrocarburi (V) Diritto minerario (sem) (V)
	GEOTECNOLOGIE	
IV	Meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem) *1 Materia a Scelta*	Diritto dell'ambiente (sem) Tecnica delle costruzioni Geotecnica
V	Geofisica applicata *2 Materie a Scelta*	Ingegneria degli scavi Tecnica dei sondaggi
	MATERIE A SCELTA	
	Ingegneria delle materie prime (V) Geostatistica applicata (sem) (IV) Fotogrammetria (V) Costruzioni di strade ferrovie ed aeroporti (V) Costruzioni idrauliche (IV) Ingegneria del territorio (V)	Consolidamento dei terreni (V) Idrogeologia applicata (sem) (IV) Strutture di fondazione (sem) (V) Cave e recupero ambientale (V) Diritto minerario (sem) (V)
	PIANIFICAZIONE E GESTIONE TERRITORIALE	
IV	Pianificazione territoriale*	Tecnica della sicurezza ambientale Gestione delle risorse idriche Ingegneria sanitaria ambientale Tecnica delle costruzioni
V	Tecnica ed economia dei trasporti Tecniche di analisi urbane e territoriali *1,5 Materie a Scelta*	Diritto dell'ambiente (sem)
	MATERIE A SCELTA	
	Geostatistica applicata (sem) (IV) Meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem) (IV) Costruzioni di strade ferrovie ed aeroporti (V) Fotogrammetria (V) Costruzioni idrauliche (IV) Analisi di sicurezza nell'industria di processo (V)	Idrogeologia applicata (sem) (IV) Tecnica dei sondaggi (V) Interazione fra le macchine e l'ambiente (V) Cave e recupero ambientale (V)
* Il corso di Pianificazione territoriale è equivalente al corso di Tecnica urbanistica II.		

ELENCO DEGLI INSEGNAMENTI DI CUI I DOCENTI HANNO RESO DISPONIBILI I PROGRAMMI

LEGENDA CORSI STUDIO	Abbreviazioni
EDILE / EDILE - ARCHITETTURA	D
CHIMICA	Q
CIVILE	C
DELL'AUTOMAZIONE	U
DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE	V
DELLE TELECOMUNICAZIONI	T
EDILIZIA (sede di Cesena)	dud
ELETTRICA	E
ELETTRONICA	L
GESTIONALE	G
PROCESSI GESTIONALI	P
INFORMATICA	I
MECCANICA	M
NUCLEARE / ENERGETICA	N
PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO	R
TECNICO DEL TERRITORIO (Sede di Ravenna)	TR

Materia	CDS	Sede	Docente	Pagina
Acquedotti e fognature	R	BO	Marinelli Alberto	125
Acustica applicata	C,D	BO	Garai Massimo	126
Aerodinamica	C,M	BO	Scarpi Giambattista	127
Affidabilità e controllo di qualità	G	BO	Rinaldi Mario	128
Affidabilità e statistica per i sistemi elettrici L	E	BO	Montanari Gian Carlo	129
Algoritmi di ottimizzazione L S	I	BO	Toth Paolo	131
Amministrazione di reti di calcolatori L-A	I	BO	Prandini Marco	130
Analisi di sicurezza nell'industria di processo	R,Q,G	BO	Bonvicini Sarah	132
Analisi matematica I	D	BO	Ravaglia Carlo	134
Analisi matematica II	D	BO	Ravaglia Carlo	134
Analisi matematica L-A	R,Q,V	BO	Citti Giovanna	135
Analisi matematica L-A	C	BO	Papini Pier Luigi	141
Analisi matematica L-A	G,P	BO	Dore Giovanni - Manfredini Maria	136
Analisi matematica L-A	I,U	BO	Abenda Simonetta	137
Analisi matematica L-A	dud	CE	Fabrizio Mauro	
Analisi matematica L-A	L,I (G-Z)	BO	Ancona Fabio	139
Analisi matematica L-A	M,N,E,T	BO	Obrecht Enrico - Arcozzi Nicola - Grammatico Cataldo	138
Analisi matematica L-B	R,Q,V	BO	Citti Giovanna	144
Analisi matematica L-B	C	BO	Papini Pier Luigi	146
Analisi matematica L-B	G,P	BO	Dore Giovanni - Tesi Maria Carla	143
Analisi matematica L-B	I(A-L), U	BO	Abenda Simonetta	147
Analisi matematica L-B	M(A,M), T, E	BO	Obrecht Enrico - Arcozzi Nicola	144
Analisi matematica L-B	dud	CE	Pontini Costante	145
Analisi matematica L-B	L	BO	Matarasso Silvano	146
Analisi matematica L-B	I(G-Z)	BO	Ancona Fabio	141
Analisi matematica L-C	T	BO	Obrecht Enrico	147
Analisi matematica L-C	L,I	BO	Matarasso Silvano	148
Analisi matematica L-D	T	BO	Barozzi Giulio Cesare	149
Analisi matematica L-D	L	BO	Matarasso Silvano	150
Analisi sperimentale delle tensioni	M	BO	Freddi Alessandro	150
Analisi strumentale e controllo dei materiali	R	BO	Timellini Giorgio	151

Architettura e composizione architettonica 1	D	BO	Gelsomino Luisella	153
Architettura e composizione architettonica 2	D	BO	Zerbini Franco	154
Architettura e composizione architettonica 3	D	BO	Praderio Giorgio	155
Architettura e composizione architettonica 4	D	BO	Giacobazzi Gabriele	157
Architettura tecnica	C	BO	Mochi Giovanni	159
Architettura tecnica 1	D	BO	Barozzi Anna	161
Architettura tecnica 2	D	BO	Dell'Acqua Adolfo Cesare	162
Architettura tecnica L	dud	CE	Degli Esposti Vittorio	158
Architetture digitali per l'elaborazione del segnale LS	I,L	BO	Guerrieri Roberto	152
Arte mineraria	R	BO	Berry Paolo	164
Attuatori elettrici L	E	BO	Tani Angelo	165
Automazione industriale	G	BO	Amanti Carlo	165
Azionamenti elettrici	M	BO	Profumo Francesco	166
Azionamenti elettrici L	L,U,E	BO	Casadei Domenico	168
Basi di dati L	P	BO	Grandi Fabio	169
Biochimica industriale	R,Q	BO	Fava Fabio	169
Bioimmagini LS	L	BO	Lamberti Claudio	171
Bioingegneria II	L	BO	Cappello Angelo	171
Bioingegneria LS	L	BO	Avanzolini Guido	172
Bioingegneria molecolare e cellulare LS	L	BO	Cavalcanti Silvio	173
Calcolatori elettronici L-A	I	BO	Neri Giovanni	174
Calcolo numerico e programmazione numerica	C	BO	Sgallari Fiorella	174
Calcolo numerico L-A	T,L	BO	Sgallari Fiorella	176
Campi elettromagnetici L-A	T, L	BO	Rizzoli Vittorio - Lipparini Alessandro	176
Campionamenti e misure negli acquiferi L	R	BO	Macini Paolo	177
Cartografia numerica e SIT L	R	BO	Barbarella Maurizio	178
Cartografia numerica, SIT e catasto L	C	BO	Bitelli Gabriele	179
Cave e recupero ambientale	R	BO	Berry Paolo	180
Cave e recupero ambientale L	R	BO	Berry Paolo	181
Chimica applicata L	Q	BO	Saccani Andrea	185
Chimica e tecnologia del restauro e della conserv. dei materiali	D	BO	Sandrolini Franco - Franzoni Elisa	185
Chimica fisica dei materiali solidi	L	BO	Colle Renato	186
Chimica fisica dei materiali solidi LS-B	L	BO	Colle Renato	187
Chimica industriale	R,Q	BO	Stramigioli Carlo	188
Chimica L	dud	CE	Fiorini Maurizio	190
Chimica L	C	BO	Fiorini Maurizio	183
Chimica L	TR	RA	Berti Corrado	182
Chimica L	M	BO	Munari Andrea - Colonna Martino	184
Chimica organica L	Q	BO	Marchetti Leonardo	191
Cinetica e controllo dei reattori nucleari	N	BO	Trombetti Tullio	193
Circuiti elettronici analogici L-A	T	BO	Graffi Sergio	194
Circuiti elettronici analogici L-A	L	BO	Gnudi Antonio	194
Circuiti elettronici di potenza L	E	BO	Grandi Gabriele	196
Circuiti elettronici digitali L-A	T	BO	Masetti Guido	195
Compatibilità elettromagnetica e laboratorio L	E	BO	Reggiani Ugo	197
Complementi di elettotecnica L S	E	BO	Reggiani Ugo	198
Componenti e circuiti a radiofrequenza LS	T,L	BO	Lipparini Alessandro	198
Componenti e tecnologie elettriche L	E	BO	Simoni Luciano	200
Comportamento meccanico dei materiali L	N	BO	Minak Giangiacomo	201
Comunicazioni elettriche	G	BO	Zanella Alberto	201
Comunicazioni elettriche L-A	I	BO	Carlo Caini	204
Comunicazioni elettriche L-A	T	BO	Calandrino Leonardo	203
Comunicazioni elettriche L-A	L	BO	Dardari Davide	203
Comunicazioni elettriche L-B	T	BO	Calandrino Leonardo	204
Comunicazioni elettriche L-B	L	BO	Chiani Marco	205
Consolidamento degli edifici L	dud	CE	Ricci Bitti Giovanni	205
Consolidamento dei terreni	R,C	BO	Gottardi Guido	206
Controlli automatici	M	BO	Soverini Umberto	210

Controlli automatici L	G,P	BO	Bertoni Gianni	208
Controlli automatici L	M	BO	Rossi Carlo	207
Controlli automatici L-A	U,I(A,F)	BO	Tonielli Alberto	213
Controlli automatici L-A	T	BO	Melchiorri Claudio	211
Controlli automatici L-A	L	BO	Zattoni Elena	209
Controlli automatici L-B	I (A-L), U	BO	Tonielli Alberto	214
Controlli automatici LS	I,E	BO	Marro Giovanni	212
Conversione elettromeccanica dell'energia L	N	BO	Grande Antonino	216
Costruzione di macchine	G	BO	Croccolo Dario	219
Costruzione di macchine	M	BO	Molari Pier Gabriele	218
Costruzione di macchine	N	BO	Curioni Sergio	217
Costruzione di macchine automatiche e robot	M	BO	Vassura Gabriele	220
Costruzione di macchine II	M	BO	Cesari Francesco	220
Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti	D,R	BO	Bucchi Alberto	222
Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti II	C	BO	Dondi Giulio	223
Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti L A	C	BO	Bucchi Alberto	226
Costruzioni di macchine per l'ingegneria chimica L	Q	BO	Minak Giangiacomo	221
Costruzioni idrauliche	C,R	BO	Brath Armando	227
Costruzioni in zona sismica	D	BO	Diotallevi Pier Paolo	229
Costruzioni marittime	R	BO	Lamberti Alberto	230
Dinamica degli azionamenti elettrici L S	M	BO	Casadei Domenico	231
Dinamica dei sistemi non lineari e aleatori LS	L	BO	Muracchini Augusto	232
Dinamica delle strutture	C	BO	De Miranda Stefano	233
Dinamica e controllo dei processi chimici	Q	BO	Pasquali Gabriele	235
Dinamica e controllo delle macchine	M	BO	Moro Davide	236
Diritto dell'ambiente	R	BO	Bortolotti Dario	237
Disegno automatico L	dud	CE	Cinti Luciani Stefano	238
Disegno dell'architettura 1	D	BO	Apollonio Ivan	239
Disegno dell'architettura L	dud	CE	Bartolomei Cristiana	241
Disegno di macchine	M	BO	Persiani Franco	242
Disegno di macchine L	M	BO	Caligiana Gianni	244
Disegno L	C	BO	Marinoni Ottorino	245
Disegno tecnico industriale L	M (N-Z), N	BO	Liverani Alfredo	248
Disegno tecnico industriale L	M (A-M)	BO	Caligiana Gianni	246
Ecologia applicata L	TR	RA	Abbiati Marco	253
Economia dell'ICT LA	G, P, L, I, T	BO	Romagnoli Alessandro	254
Economia dei mercati e analisi degli indici economici L-A	G,P	BO	Romagnoli Alessandro	254
Economia e organizzazione aziendale L	Q,N,R	BO	Longo Mariolina	259
Economia e organizzazione aziendale L	M	BO	Oriani Raffaele	258
Economia e organizzazione aziendale L-A	G, P, T, L, I	BO	Grandi Alessandro - Tagliaventi Maria Rita	255
Economia e organizzazione aziendale L-B	G, P	BO	Grandi Alessandro - Tagliaventi Maria Rita	256
Economia ed organizzazione aziendale	M	BO	Zanoni Andrea	261
Economia L	C	BO	Romagnoli Alessandro	253
Elaborazione ottica dei segnali L S	TR	RA	Bassi Paolo	262
Elementi delle macchine L	M	BO	Curioni Sergio	262
Elementi di architettura tecnica L	dud	CE	Bartoli Barbara	263
Elementi di biochimica e microbiologia dei processi L	R	BO	Fava Fabio	264
Elementi di chimica organica e biochimica L	R	BO	Marchetti Leonardo	265
Elementi di controlli automatici L	E	BO	Penati Maria Elisabetta	266
Elementi di fotogrammetria L	dud	CE	Zanutta Antonio	267
Elementi di geotecnica L	dud	CE	Gottardi Guido	268
Elementi di informatica L	R	BO	Tesi Rossi Franca	269
Elementi di progettazione degli impianti LS	E	BO	Pattini Gianni	270
Elementi di progettazione edile	dud	CE	Bettini Paolo	271
Elementi di scienza delle costruzioni L	dud	CE	Pascale Guidotti Magnani Giovanni	271
Elementi di sistemi elettrici per l'energia L	E	BO	Nucci Carlo Alberto	273

Elementi di tecnologia dell'architettura L	dud	CE	Biolcati Rinaldi Maurizio	274
Elettromagnetismo applicato L S	E	BO	Reggiani Ugo	274
Elettronica applicata LS	T	BO	Graffi Sergio	275
Elettronica dei sistemi digitali LS	T	BO	Franchi Scarselli Eleonora	276
Elettronica dei sistemi digitali LS	L	BO	Baccarani Giorgio	277
Elettronica delle telecomunicazioni LS-A	T,L	BO	Monaco Vito Antonio	278
Elettronica delle telecomunicazioni LS-B	T, L	BO	Santarelli Alberto	279
Elettronica dello stato solido LS-A	L	BO	Rudan Massimo	280
Elettronica dello stato solido LS-B	L	BO	Rudan Massimo	280
Elettronica industriale L A	L	BO	Filicori Fabio	281
Elettronica L S	U,I	BO	Filicori Fabio	282
Elettronica L-A	I(A-L), U	BO	Lanzoni Massimo	283
Elettronica per l'automazione L A	L,U	BO	Filicori Fabio	282
Elettrotecnica II	C	BO	Ribani Pier Luigi	287
Elettrotecnica industriale L	M	BO	Sacchetti Raffaello	285
Elettrotecnica L	P	BO	Cristofolini Andrea	289
Elettrotecnica L	G	BO	Negrini Francesco	286
Elettrotecnica L	N	BO	Negrini Francesco	283
Elettrotecnica L	R	BO	Ribani Pier Luigi	288
Elettrotecnica L-A	T	BO	Borghi Carlo Angelo	288
Elettrotecnica L-A	L	BO	Filippetti Fiorenzo	290
Elettrotecnica L-A	I	BO	Ribani Pier Luigi - Fabbri Massimo	291
Energetica e sistemi nucleari	N	BO	Scardovelli Ruben	291
Estimo	D	BO	Pongiluppi Guido	292
Fisica generale L	dud	RA	Cambi Gilio	295
Fisica generale L-A	Q,R,V	BO	Zoccoli Antonio	296
Fisica generale L-A	G(A-K), P(A-K)	BO	Bertin Antonio	298
Fisica generale L-A	G(L-Z), P(L-Z)	BO	Bruno Mauro	297
Fisica generale L-A	U,I(A-L)	BO	Semprini Cesari Nicola	301
Fisica generale L-A	E,T	BO	Vannini Gianni	299
Fisica generale L-A	L	BO	Uguzzoni Arnaldo	303
Fisica generale L-A	I(G-Z)	BO	Verondini Ettore	302
Fisica generale L-A	M(A-M)	BO	Vitale Antonio	300
Fisica generale L-B	Q,R,V	BO	Zoccoli Antonio	305
Fisica generale L-B	G(A-K), P(A-K)	BO	Bertin Antonio	310
Fisica generale L-B	E,T	BO	Vannini Gianni	306
Fisica generale L-B	L	BO	Massa Ignazio Giacomo	304
Fisica generale L-B	M(N-Z)	BO	Semprini Cesari Nicola	308
Fisica generale L-B	I(G-Z)	BO	Verondini Ettore	309
Fisica generale L-B	M(A-M)	BO	Vitale Antonio	307
Fisica generale L-C	T	BO	Malaguti Franco	311
Fisica generale L-C	L,I	BO	Massa Ignazio Giacomo	312
Fisica generale L-D	T,L	BO	Uguzzoni Arnaldo	312
Fisica tecnica ambientale	D	BO	Vaccari Adriano	313
Fisica tecnica ambientale L	C	BO	Cocchi Alessandro	316
Fisica tecnica ambientale L	dud	CE	Tronchin Lamberto	315
Fisica tecnica ambientale L	R	BO	Garai Massimo	313
Fisica tecnica L	E	BO	Barletta Antonio	318
Fisica tecnica L	G	BO	Lorenzini Enrico	317
Fisica tecnica L	M	BO	Salvigni Sandro	318
Fluidodinamica e scambio termico L	Q	BO	Doghieri Ferruccio	320
Fondamenti dell'ingegneria di processo L	Q	BO	Bandini Serena	320
Fondamenti dell'ingegneria di processo L	N	BO	Bandini Serena	321
Fondamenti di chimica L	Q,V	BO	Berti Corrado	322
Fondamenti di chimica L	N,E	BO	Toselli Maurizio	323
Fondamenti di chimica L	R	BO	Fiorini Maurizio	324
Fondamenti di chimica L-A	L, I, T	BO	Toselli Maurizio	325
Fondamenti di chimica L-B	L	BO	Munari Andrea	326

Fondamenti di elettrotecnica L	E	BO	Borghi Carlo Angelo	328
Fondamenti di fisica dei reattori a fissione e a fusione	N	BO	Sumini Marco	327
Fondamenti di informatica L	N	BO	Colombo Vittorio	329
Fondamenti di informatica L-A	T,E	BO	Milano Michela	330
Fondamenti di informatica L-A	G(A-K), P(A-K)	BO	Scalas Maria Rita	331
Fondamenti di informatica L-A	G(L-Z), P(L-Z)	BO	Penzo Wilma	334
Fondamenti di informatica L-A	I	BO	Mello Paola - Bellavista Paolo	331
Fondamenti di informatica L-A	M(A-L)	BO	Fernandez Jorge Eduardo	333
Fondamenti di informatica L-A	M(M-Z)	BO	Mostacci Domiziano	332
Fondamenti di informatica L-B	T,E,L,U	BO	Lodolo Enrico	336
Fondamenti di informatica L-B	P(L-Z), G(L-Z)	BO	Patella Marco	337
Fondamenti di informatica L-B	I(A-K)	BO	Denti Enrico	335
Fondamenti di informatica L-B	I(L-Z)	BO	Montanari Rebecca	335
Fondamenti di infrastrutture viarie	C	BO	Marchi Gianfranco	337
Fondamenti di ingegneria elettrica L	Q	BO	Cristofolini Andrea	338
Fondamenti di intelligenza artificiale LS	I	BO	Mello Paola	339
Fondamenti di meccanica delle macchine L	U,N	BO	Meneghetti Umberto	340
Fondamenti di ricerca operativa L	G	BO	Caprara Alberto	342
Fondamenti di ricerca operativa L B	P	BO	Vigo Daniele	344
Fondamenti di ricerca operativa L-A	P	BO	Toth Paolo	341
Fondamenti di ricerca operativa L-A	T,L	BO	Martello Silvano	343
Fondamenti di tecnologie di processo L	R	BO	Santarelli Francesco	347
Fondamenti e applicazioni dell'energia nucleare L	N	BO	Trombetti Tullio	344
Fondamenti e applicazioni di geometria descrittiva L	dud	CE	Anselmi Franco	345
Fotogrammetria	C, R	BO	Bitelli Gabriele	347
Fotogrammetria L	C,R	BO	Zanutta Antonio	350
Geofisica applicata	R	BO	Santarato Giovanni	351
Geologia applicata L	R	BO	Carloni Giulio Cesare	353
Geologia applicata L	dud	CE	Carloni Giulio Cesare	354
Geologia L	R	BO	Curzi Pietro Vittorio	352
Geologia L	C	BO	Landuzzi Alberto	354
Geometria e algebra L	C	BO	Gualandri Luciano	356
Geometria e algebra L	P,G	BO	Gimigliano Alessandro	355
Geometria e algebra L	Q,V,R	BO	Mulazzani Michele	357
Geometria e algebra L-A	U, I, L	BO	Ferri Massimo	358
Geometria e algebra L-B	T,L	BO	Gilotti Anna Luisa	359
Geostatistica applicata	R	BO	Bruno Roberto	360
Geotecnica	R,C,D	BO	Righi Pier Vincenzo - Gottardi Guido	361
Geotecnica L	R	BO	Righi Pier Vincenzo	363
Geotecnica L	C	BO	Gottardi Guido	362
Gestione aziendale	G	BO	Munari Federico	363
Gestione aziendale L A	G,P	BO	Grandi Alessandro	364
Gestione aziendale L B	G,P	BO	Zanoni Andrea	366
Gestione delle risorse idriche	C,R	BO	Montanari Alberto	371
Gestione delle risorse idriche L	R	BO	Montanari Alberto	372
Gestione dell'energia	M,G	BO	Salvigni Sandro - Lorenzini Enrico	366
Gestione dell'energia L	G	BO	Lorenzini Enrico	367
Gestione dell'innovazione e dei progetti	Q,G	BO	Sobrero Maurizio	368
Gestione dell'innovazione e dei progetti LS	I	BO	Munari Federico	370
Giacimenti minerari	R	BO	Bruno Roberto	373
Idraulica L	C	BO	Di Federico Vittorio	375
Idraulica L-A	R	BO	Bragadin Gianni Luigi	374
Idraulica L-B	R	BO	Lamberti Alberto	375
Idrogeologia applicata	Q,R	BO	Bonaga Gilberto	376
Idrologia	C, R	BO	Todini Ezio	377

Idrologia II	C	BO	Pilati Stefano	379
Idrologia L	C	BO	Todini Ezio	378
Impianti biochimici	Q	BO	Gostoli Carlo	379
Impianti biochimici ambientali	Q	BO	Nocentini Massimo	380
Impianti chimici I	Q	BO	Cozzani Valerio	381
Impianti chimici II	Q	BO	Camera Roda Giovanni	382
Impianti dell'industria alimentare	Q	BO	Camera Roda Giovanni	384
Impianti di produzione dell'enegia elettrica L S	E	BO	Borghetti Alberto	384
Impianti elettrici L	E	BO	Pattini Gianni	386
Impianti industriali	M	BO	Gamberi Mauro	388
Impianti industriali L-A	P	BO	Ferrari Emilio	390
Impianti industriali L-A	G	BO	Pareschi Arrigo	389
Impianti industriali L-B	G	BO	Manzini Riccardo	391
Impianti meccanici	M	BO	Pareschi Arrigo	392
Impianti meccanici L	M	BO	Pareschi Arrigo	394
Impianti minerari	R	BO	Fabbri Sante	395
Impianti nucleari	N	BO	Sobrero Enrico	396
Impianti speciali	M	BO	Gentilini Marco	397
Impianti speciali idraulici	C	BO	Bizzarri Alberto	397
Impianti tecnici	C,D	BO	Semprini Giovanni	398
Impianti tecnici L	dud	BO	Semprini Giovanni	400
Impianti tecnici L	N	BO	Cocchi Alessandro	399
Informatica generale L	Q,V	BO	Tesi Franca	
Informatica grafica	D(A-K)	BO	Tesi Franca	402
Informatica grafica	D(L-Z)	BO	Bergamini Stefano	401
Ingegneria chimica ambientale	Q, R	BO	Gatta Alceo	403
Ingegneria clinica LS	L	BO	Lamberti Claudio	404
Ingegneria degli acquiferi L	R	BO	Gottardi Guido	405
Ingegneria degli scavi	R	BO	Fabbri Sante	405
Ingegneria dei giacimenti di idrocarburi	R	BO	Gottardi Guido	406
Ingegneria dei plasmi L S	E	BO	Borghi Carlo Angelo	407
Ingegneria del software L S	I	BO	Natali Antonio	410
Ingegneria del software L-A	I	BO	Bellavia Giuseppe	409
Ingegneria del territorio	D,R	BO	Salizzoni Giovanni	411
Ingegneria delle materie prime	G,M,R	BO	Bonoli Alessandra - Ciancabilla Fulvio	412
Ingegneria delle materie prime L	R	BO	Bonoli Alessandra	413
Ingegneria e tecnologie dei sistemi di controllo L-A	U,L	BO	Tilli Andrea	414
Ingegneria sanitaria-ambientale	C,R	BO	Mancini Maurizio	415
Ingegneria sanitaria-ambientale II	R	BO	Bragadin Gianni Luigi	416
Interazione fra le macchine e l'ambiente	G,M	BO	Peretto Antonio	417
Laboratorio computazionale di termofluidodinamica L	N	BO	Rossi Di Schio Eugenia	418
Laboratorio disegno CAD L	R	BO	Liverani Alfredo	418
Laboratorio di analisi numerica L	M	BO	Sgallari Fiorella	421
Laboratorio di automazione L-A	U	BO	Bonivento Claudio	422
Laboratorio di calcolo numerico L	Q	BO	Sgallari Fiorella	423
Laboratorio di chimica L	Q, V	BO	Berti Corrado	424
Laboratorio di elettronica dei sistemi digitali LS	L	BO	Franchi Scarselli Eleonora	425
Laboratorio di elettronica L-A	L	BO	Lanzoni Massimo	425
Laboratorio di informatica L	M	BO	Fernandez Jorge Eduardo	426
Laboratorio di informatica L-A	T,I	BO	Contadini Stefano	427
Laboratorio di informatica L-B	I	BO	Bellavia Giuseppe	428
Laboratorio di matematica computazionale L A	T	BO	Sgallari Fiorella	428
Laboratorio di radioprotezione L	N	BO	Mostacci Domiziano	429
Laboratorio di ricerca operativa L-A	T	BO	Lodi Andrea	430
Laboratorio di strutture L	C	BO	Pascale Guidotti - Magnani Giovanni	430
Laboratorio di tecnologie dei materiali e applicazioni industria	N	BO	Colombo Vittorio	431

Laboratorio progettuale di arch. e comp. architett. I	D	BO	Ballandi Roberto - Ansaloni Eugenio	431
Laboratorio progettuale delle opere pubbliche	C, G	BO	Cocchi Alberto	435
Laboratorio progettuale di tecnologie edilizie	D	BO	Colombo Paolo - Bragadin Marco Alvise	433
Legislazione delle opere pubbliche e dell'edilizia L	dud	BO	Panzera Maria Pia	438
Legislazione delle opere pubbliche L	C	BO	Cocchi Alberto	436
Linguaggi e modelli computazionali LS	I	BO	Denti Enrico	438
Localizzazione dei sistemi energetici	N	BO	Vestrucci Paolo	439
Logistica industriale	Q,G,M	BO	Ferrari Emilio	440
Logistica industriale L	M	BO	Regattieri Alberto	442
Logistica industriale L A	P	BO	Pareschi Arrigo	448
Logistica industriale L A	G	BO	Ferrari Emilio	446
Logistica industriale L B	P,G	BO	Regattieri Alberto	444
Macchine	Q	BO	Bianchi Gian Marco	453
Macchine	C, G	BO	Cantore Giuseppe	452
Macchine elettriche L	E	BO	Serra Giovanni	455
Macchine elettriche LS	E	BO	Serra Giovanni	456
Macchine I	M	BO	Pelloni Piero	458
Macchine II	M	BO	Minelli Giorgio	458
Macchine L	Q	BO	Naldi Giovanni	459
Macchine L	E,N	BO	Bianchi Michele	462
Macchine L	G	BO	Peretto Antonio	461
Macchine L	R	BO	Naldi Giovanni	451
Macchine utensili	M	BO	Tomesani Luca	464
Marketing industriale L	P,G	BO	Pitilino Claudio	465
Matematica applicata L	P(A-K), G(A-K)	BO	Nibbi Roberta	466
Matematica applicata L-A	L	BO	Abbati Marescotti Pier Paolo	467
Matematica applicata L-A	T	BO	Muracchini Augusto	468
Matematica applicata L-A	I(A-K)	BO	Lazzari Barbara	469
Materiali	M(A-M)	BO	Colombo Paolo	470
Materiali	M(N-Z)	BO	Motori Antonio	471
Materiali polimerici	Q	BO	Saccani Andrea	472
Meccanica applicata alle macchine L	E	BO	Catania Giuseppe	478
Meccanica applicata alle macchine L	G	BO	Rubini Riccardo	472
Meccanica computazionale delle strutture	D,C	BO	Ubertini Francesco	473
Meccanica degli azionamenti L	M	BO	Meneghetti Umberto	479
Meccanica dei fluidi nel sottosuolo	R,Q	BO	Brighenti Giovanni	474
Meccanica dei materiali L	E	BO	Sciortino Lino	476
Meccanica dei robot	M	BO	Parenti Castelli Vincenzo	476
Meccanica delle macchine L	M	BO	Maggiore Alberto	479
Meccanica delle rocce	R	BO	Paretini Amos	480
Meccanica delle rocce L	R, C	BO	Paretini Amos	482
Meccanica delle strutture L A e LB	C	BO	Viola Erasmo - Pascale Giovanni	483
Meccanica razionale	D	BO	Ruggeri Tommaso Antonio	483
Meccanica razionale L	C	BO	Ruggeri Tommaso Antonio	487
Meccanica razionale L	E, N, U	BO	Abbati Marescotti Pier Paolo	486
Meccanica razionale L	M(A-M)	BO	Lazzari Barbara	485
Metodi e modelli per il supporto alle decisioni	G	BO	Caprara Alberto	489
Metodi numerici per i reattori nucleari	N	BO	Colombo Vittorio	490
Metodi numerici per la grafica LS	L,I	BO	Morigi Serena	491
Metodi numerici per l'ingegneria LS	T,L	BO	Sgallari Fiorella	491
Metodologie di progettazione delle macchine elettriche L S	E	BO	Grande Antonino	492
Microbiologia ambientale	Q	BO	Fava Fabio	493
Misure e collaudo di macchine e impianti elettrici LS	E	BO	Sasdelli Renato	494
Misure e controlli nei giacimenti di idrocarburi	R	BO	Mesini Ezio	495
Misure elettriche e laboratorio L	E	BO	Burchiani Alberto	496

Misure elettroniche L-A	T	BO	Mirri Domenico	499
Misure elettroniche L-A	L	BO	Rinaldi Mario	497
Misure meccaniche termiche e collaudi	M	BO	Pelloni Piero	500
Modelli e applicazioni in reti di calcolatori L S	T,L	BO	Tarantino Fabio	501
Modellistica dei sistemi elettromeccanici L A	U	BO	Casadei Domenico	502
Modellistica dei sistemi elettromeccanici L S	E	BO	Tani Angelo	503
Modellistica e controllo dei sistemi ambientali	R	BO	Guidorzi Roberto	504
Modellistica ed ingegneria dei materiali elettrici L S	E	BO	Simoni Luciano	505
Modellistica idraulica	C	BO	Bragadin Gianni Luigi	505
Moto dei fluidi e termocinetica L	N	BO	Zanchini Enzo	506
Organizzazione del cantiere	D,C	BO	Comani Claudio	507
Organizzazione della produzione e dei sistemi logistici	G,M	BO	Sobrero Enrico	508
Organizzazione della produzione e dei sistemi logistici L	P	BO	Marini Mauro	511
Ottimizzazione delle risorse L S	I	BO	Toth Paolo	512
Pianificazione dei trasporti	C	BO	Rupi Federico	513
Principi di ingegneria chimica ambientale	Q,G,R	BO	Santarelli Francesco	515
Principi di ingegneria chimica ambientale L	R	BO	Santarelli Francesco	516
Principi di ingegneria chimica II	Q	BO	Doghieri Ferruccio	517
Principi e metodologie della progettazione meccanica	M	BO	Freddi Alessandro - Bartolozzi Giorgio	517
Processi biotecnologici ambientali	R	BO	Gostoli Carlo	518
Processi di trasporto di materia e reattoristica chimica L	Q	BO	Gostoli Carlo	519
Produzione degli idrocarburi L	R	BO	Mesini Ezio	521
Produzione dell'energia elettrica L	E,N	BO	Borghetti Alberto	520
Progettazione integrale L	dud	CE	Mingozzi Angelo	522
Progetto di circuiti a radiofrequenza L S	T,L	BO	Masotti Diego	526
Progetto di circuiti analogici L-A	L	BO	Masetti Guido	524
Progetto di circuiti analogici LS	L	BO	Gnudi Antonio	524
Progetto di sistemi elettronici L-A	L	BO	Guerrieri Roberto	525
Propagazione L-A	T, I	BO	Bassi Paolo	527
Propagazione L-A	L	BO	Barbiroli Marina	528
Proprietà termodinamiche e di trasporto	Q	BO	Doghieri Ferruccio - Sarti Giulio Cesare	529
Protezione dalle radiazioni L	N	BO	Mostacci Domiziano	531
Protezione idraulica del territorio	R,C	BO	Brath Armando	532
Qualità dell'energia elettrica L	E	BO	Cavallini Andrea	533
Reattori nucleari avanzati	N	BO	Premuda Francesco	534
Recupero e conservazione degli edifici L	dud	CE	Galli Claudio	535
Reti di calcolatori L	P	BO	Grandi Fabio	536
Reti di calcolatori L S	T,I	BO	Corradi Antonio	537
Reti di calcolatori L-A	I	BO	Corradi Antonio	538
Reti di telecomunicazioni L-A	U,T,I	BO	Corazza Giorgio	540
Reti di telecomunicazioni LS	T	BO	Corazza Giorgio	542
Reti logiche L-A	U,I	BO	Laschi Roberto	544
Ricerca operativa LS	I	BO	Martello Silvano	545
Rilievo dell'architettura	D	BO	Mingucci Roberto	547
Rilievo dell'architettura L	dud	CE	Cipriani Luca	548
Robotica industriale L A	U,L,I	BO	Melchiorri Claudio	549
Scienza dei materiali	Q,G,M	BO	Sandrolini Franco	550
Scienza dei metalli	M	BO	Ceschini Lorella	551
Scienza delle costruzioni	D	BO	Viola Erasmo	552
Scienza delle costruzioni II	C,D	BO	Viola Erasmo	556
Scienza delle costruzioni L	R,Q	BO	Di Leo Antonio	555
Scienza e tecnologia dei materiali ceramici	Q	BO	Palmonari Carlo	556
Scienza e tecnologia dei materiali ceramici L	Q	BO	Palmonari Carlo	558
Scienza e tecnologia dei materiali elettrici L	E	BO	Motori Antonio	559

Sensori e trasduttori L S	E,L	BO	Pasini Gaetano	560
Servizi generali di impianto	G	BO	Ferrari Emilio	561
Sicurezza del lavoro e difesa ambientale L	R	BO	Fabbri Sante	562
Sicurezza e analisi di rischio L	N	BO	Orlandelli Carlo Maria	563
Sistemi a portante ottica LS	T,L	BO	Tartarini Giovanni	563
Sistemi d'antenna LS	L,T	BO	Rizzoli Vittorio	564
Sistemi di commutazione L S	T	BO	Raffaelli Carla	566
Sistemi di controllo digitale L-A	L,U	BO	Bonivento Claudio	565
Sistemi di controllo distribuito L S	I	BO	Rossi Carlo	567
Sistemi di produzione automatizzati L A	U	BO	Pareschi Arrigo	570
Sistemi di trazione	C,M	BO	Micucci Alfonso	571
Sistemi digitali LS	I	BO	Faldella Eugenio	568
Sistemi distribuiti L S	T,L,I	BO	Leone Alberto	569
Sistemi elettrici per l'energia LS	E	BO	Nucci Carlo Alberto	572
Sistemi energetici L	N	BO	Peretto Antonio	574
Sistemi in tempo reale L S	I	BO	Faldella Eugenio	575
Sistemi informativi	G	BO	Grandi Fabio	576
Sistemi informativi L	P	BO	Penzo Wilma	576
Sistemi informativi L-A	I	BO	Ciaccia Paolo	577
Sistemi informativi L-B	I	BO	Ciaccia Paolo	578
Sistemi intelligenti naturali e artificiali LS	L	BO	Ursino Mauro	579
Sovrastrutture stradali e ferroviarie L	C	BO	Dondi Giulio	579
Sperimentazione dei materiali, dei modelli e delle strutture	C,D	BO	Ferretti Elena	581
Statica L	dud	CE	Pascale Guidotti - Magnani Giovanni	582
Storia dell'architettura 2	D, C	BO	Pedrazzini Alberto	583
Storia dell'architettura L	dud	CE	Cassara` Silvio	585
Storia delle tecniche architettoniche L	dud	CE	Cassara` Silvio	585
Strumentazione biomedica	L	BO	Avanzolini Guido	586
Strumentazione biomedica LS	L	BO	Avanzolini Guido	587
Strumentazione e automazione industriale	M,G	BO	Saccani Cesare	588
Strumentazione e misure per l'inquinamento L	R	BO	Marchetti Leonardo	589
Strumentazione elettronica di misura LS	E	BO	Mirri Domenico	588
Strutture di fondazione	C,D,R	BO	Benedetti Andrea	590
Strutture speciali	C,D	BO	Benedetti Andrea	591
Studi di fabbricazione	M	BO	Tomesani Luca	593
Tecnica dei lavori idraulici	C	BO	Artina Sandro	594
Tecnica dei sondaggi	R	BO	Brighenti Giovanni	595
Tecnica dei sondaggi L	R	BO	Macini Paolo	596
Tecnica del controllo ambientale	G	BO	Tarabusi Valerio	597
Tecnica della sicurezza ambientale	R	BO	Spadoni Gigliola	599
Tecnica della sicurezza ambientale L	Q	BO	Spadoni Gigliola	600
Tecnica delle alte tensioni L S	E	BO	Mazzanti Giovanni	601
Tecnica delle costruzioni L	C	BO	Ceccoli Claudio - Savoria Marco	602
Tecnica delle costruzioni	D	BO	Diotallevi Pier Paolo	602
Tecnica delle costruzioni	R	BO	Poluzzi Raffaele	604
Tecnica delle costruzioni II	C, D	BO	Savoia Marco	604
Tecnica delle costruzioni L	L	BO	Poluzzi Raffaele	604
Tecnica delle microonde L A	T	BO	Costanzo Alessandra	606
Tecnica e sicurezza dei cantieri viari L	C	BO	Simone Andrea	600
Tecnica ed economia dei trasporti	R,C,G,M	BO	Lupi Marino	607
Tecnica urbanistica	D	BO	Corlaita Alberto	610
Tecnica urbanistica II	D	BO	Crocioni Giovanni	611
Tecniche di trattamento delle acque reflue L	R	BO	Bragadin Gianni Luigi	614
Tecnologia dei materiali e chimica applicata	D	BO	Sandrolini Franco	614
Tecnologia dei materiali e chimica applicata L	C	BO	Colombo Paolo	616
Tecnologia dei materiali e chimica applicata L	dud	CE	Bignozzi Maria	616
Tecnologia dei materiali nucleari	N	BO	Mostacci Domiziano	617
Tecnologie di chimica applicata	M	BO	Bignozzi Maria	618
Tecnologie di chimica applicata L	R	BO	Timellini Giorgio	619
Tecnologie elettriche innovative L S	E	BO	Montanari Gian Carlo	620

Tecnologie generali dei materiali	G,M	BO	Veschi Daniele	622
Tecnologie generali dei materiali L	N	BO	Colombo Vittorio	624
Tecnologie per la sicurezza LS	T,L	BO	Laschi Roberto	625
Tecnologie WEB L-A	L	BO	Tarantino Fabio	626
Telecomunicazioni L-A	P	BO	Verdone Roberto	627
Telecomunicazioni L-B	P	BO	Verdone Roberto	628
Teoria dello sviluppo dei processi chimici	Q	BO	Nocentini Massimo	629
Teoria e progetto dei ponti	C	BO	Merli Maurizio	630
Teoria e progetto delle costruzioni in acciaio	C,D	BO	Matildi Giuseppe	631
Termodinamica applicata L	N	BO	Zanchini Enzo	632
Termodinamica dell'ingegneria chimica L	Q	BO	Bandini Serena	633
Termotecnica del reattore	N	BO	Cesari Franco	634
Topografia	R	BO	Gandolfi Stefano	635
Topografia e Fotogrammetria	D	BO	Lombardini Giuseppe	638
Topografia L	R	BO	Barbarella Maurizio	637
Trasmissione numerica L-A	T,I	BO	Corazza Giovanni Emanuele	640
Trasmissione numerica LS	T,L	BO	Corazza Giovanni Emanuele	641
Trasporto di particelle e di radiazione	N	BO	Fernandez Jorge Eduardo - Scardovelli Ruben	642
Trattamento statistico dei dati L	R	BO	Zoccoli Antonio	643
Turbomacchine	M	BO	Spina Pier Ruggero	644
Urbanistica	D	BO	Monti Carlo	645

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI RESI DISPONIBILI DAI DOCENTI FACOLTÀ DI INGEGNERIA

ACQUEDOTTI E FOGNATURE (semestrale) **BO, cds: R**
Docente: **Alberto Marinelli** ric.

L'Insegnamento descrive le due principali infrastrutture nel campo delle costruzioni idrauliche (gli acquedotti e le fognature), le loro caratteristiche di funzionamento, i criteri progettuali e le principali problematiche di tipo territoriale e ambientale ad esse connesse .

Programma

Acquedotti:

Le componenti principali di un acquedotto. La richiesta idropotabile, quantità e variabilità: le caratteristiche di qualità e gli standards normativi.

La risorsa naturale: il ciclo idrologico terrestre e le fonti di approvigionamento Le fonti sotterranee: qualità e qualità della risorsa ottenibile, le opere di estrazione.

Le fonti superficiali: la qualità della risorsa; la stima della quantità ottenibile con o senza regolazione dei deflussi; le opere di derivazione da lago o da fiume.

Le condotte di adduzione. a pelo libero o in pressione: a gravità o prementi: i criteri progettuali.

Gli impianti di sollevamento: le pompe centrifughe. loro caratteristiche, i problemi di cavitazione.

Le reti di distribuzione ad albero o a maglie: problemi di verifica e progetto. Gli allacciamenti privati.

I serbatoi cittadini: le funzioni di carico, compenso e riserva; i tipi interrati e pensili; gli organi accessori.

Le condotte: tipi, materiali e caratteristiche: i problemi di moto vario e le sollecitazioni statiche. La difesa dalle corrosioni.

I manufatti e le apparecchiature accessorie per il corretto funzionamento idraulico delle opere.

Fognature:

I sistemi di drenaggio urbano bianchi, neri e misti: componenti principali e tipologie.

I manufatti di immissione in fogna: le caditoie stradali e lo scarico dagli edifici: la ventilazione.

Le portate di progetto: le portate di scarico urbano, loro componenti e variabilità; l'analisi statistica delle piogge, i modelli di formazione dei deflussi (il metodo cinematico) e la stima delle portate pluviali di progetto.

La rete di raccolta e trasporto; materiali e tipi dei condotti; progetto idraulico dei condotti chiusi a parziale riempimento.

Principali caratteristiche delle acque reflue: la trasformazione in fogna e la corrosione da acido solfidrico.

Gli impianti di sollevamento: il funzionamento intermittente e le vasche di aspirazione.

Lo scarico nei riceventi: il problema ambientale e idraulico; gli scaricatori di piena: le vasche di prima pioggia e di laminazione.

I manufatti di scarico in fiume, lago, mare.

Testi onsigliati

L. Da Deppo, C. Datei, P. Salandin, *Acquedotti*, Istituto Idraulica Università di Padova, 1996.
L. Da Deppo, C. Datei, P. Salandin, *Fognature*, Istituto Idraulica Università di Padova, 1996.
G. Ippolito, *Appunti di costruzioni idrauliche*, Liguori Editore, Napoli, 1993.
A. Paoletti, *Sistemi di fognatura e di drenaggio urbano*, Edizioni CUSL, Milano, 1996.
Manuale dell'Ingegnere, *Nuovo Colombo*, volume II, sez. H, Hoepli, Milano, 1990.
Manuale di Ingegneria Civile, volume primo, terza edizione, E.S.A.C., Roma, 1996.
V. Milano, *Acquedotti, guida alla progettazione*, Editore Ulrico, Hoepli, Milano, 1996.
S. Artina et al., *Sistemi di fognatura, manuale di progettazione*, Centro Studi Deflussi Urbani, Hoepli, Milano, 1997.

Insegnamenti propedeutici consigliati: idraulica, idrologia.

ACUSTICA APPLICATA **BO, cds: D, C**

Docente: **Massimo Garai** prof. straord.

1. Fondamenti

Acustica fisica: Equazione delle onde acustiche. Principali grandezze acustiche. Velocità del suono nei vari mezzi. Onde piane, sferiche, cilindriche. Onde stazionarie, interferenza, battimenti, "anti-suono". Effetto Doppler. Cenni all'approssimazione con raggi sonori. Fenomeni acustici ad un interfaccia (assorbimento, riflessione, trasmissione, diffusione).

Materiali e sistemi passivi fonoassorbenti: classificazione e progettazione. Assorbimento del suono nell'aria.

Livelli sonori decibel e spettri – Caratteristiche dei segnali sonori. Scala dei decibel. Introduzione all'analisi in frequenza. Spettri. Filtri di (1/n di) ottava. Curve di ponderazione. Metrica dei livelli sonori.

Acustica psicofisica – Sistema uditivo umano. Proprietà delle sensazioni uditive e loro valutazione. Disturbo e danno da rumore.

Acustica degli ambienti chiusi – Trattazione geometrica. Trattazione energetica-statistica. Riverberazione. Formula di Sabine. Altre espressioni del tempo di riverberazione. Cenni alla trattazione ondulatoria (modi normali e cavità accoppiate). Camere riverberanti e camere anecoiche.

Isolamento acustico – Legge di massa. Effetto di risonanza e di coincidenza. Smorzamento interno. Pareti doppie e pareti multistrato. Perdite d'isolamento dovute ad aperture. Trasmissione laterale.

2. Strumentazione

Microfoni di misura. Accelerometri. Amplificatori. Filtri. Fonometri. Analizzatori real time e FFT. Misuratori di intensità sonora. Registrazione e riproduzione digitale. Calibrazione e verifica periodica. Leggi e norme tecniche.

3. Applicazioni

Acustica architettonica – Descrittori dell'intelligibilità del parlato. L'acustica delle sale da spettacolo: cenni storici fino all'opera di Sabine. L'opera di Beranek. Descrittori acustici monoaurali per le sale da concerto. Descrittori acustici per la sensazione spaziale. La teoria di Ando. La ricerca contemporanea.

Acustica edilizia – Requisiti acustici dei singoli componenti edilizi (facciate, finestre, partizioni verticali interne, porte, solai). Prestazioni acustiche dell'edificio nel suo insieme: il modello

CEN. L'inserimento dell'edificio nell'ambiente. Tecniche di controllo del rumore. Leggi e norme tecniche.

Rumore degli impianti tecnici – Sorgenti di rumore negli impianti tecnici. Apparati meccanici. Rumore generato dai fluidi in movimento. Tecniche di controllo del rumore. Leggi e norme tecniche.

Rumore in ambiente di lavoro – Leggi e norme tecniche. Valutazione dell'esposizione personale. Controllo del rumore alla sorgente. Controllo passivo del rumore. Cenni al controllo attivo del rumore. Protettori individuali.

Rumore in ambiente esterno – Leggi e norme tecniche. Impostazione del problema. Divergenza geometrica. Attenuazione dovuta all'atmosfera. Effetto del vento. Effetto dei gradienti di temperatura. "Effetto suolo". Vegetazione. Ostacoli alla propagazione sonora. Progettazione di barriere acustiche. Valutazione di impatto ambientale. Rumore da impianti industriali. Rumore da traffico stradale, ferroviario, aereo.

4. Procedure di misura

Acquisizione ed elaborazione digitale di risposte all'impulso. Misure di tempo di riverberazione. Misure di assorbimento acustico. Misure di intelligibilità. Tecniche binaurali di misura. Misure di potere fonoisolante, di isolamento acustico e di livello di rumore di calpestio. Indici di valutazione. Misure di potenza sonora. Leggi e norme tecniche.

5. Modelli numerici

Vantaggi e limiti dei modelli numerici. Sorgenti virtuali. Ray tracing. Beam tracing. Radiosity. Modelli ibridi. Confronto tra le varie tecniche. Auralizzazione. Utilizzo di modelli numerici per la progettazione acustica di grandi sale.

Esercitazioni in Laboratorio.

In funzione della disponibilità di tempo e mezzi, riguarderanno le tecniche trattate nei punti 4 e 5 del Programma.

Testi consigliati

R. SPAGNOLO (a cura di), *Manuale di acustica applicata*, UTET Libreria, Torino (2001).

L.E. KINSLER, A.R. FREY, A.B. COPPENS, J.V. SANDERS, *Fundamentals of acoustics*, 3rd ed., John Wiley & Sons, New York (1982).

L.L. BERANEK, *Noise and vibration control*, Revised Edition, Institute of Noise Control Engineering, Washington, DC (1988).

Copie per la riproduzione dei lucidi proiettati in aula.

Materiale didattico su Internet all'URL: http//acustica.ing.unibo.it.

ESAMI. Una singola prova orale.

Tesi di laurea.

A carattere fondamentale, agganciate alle attività di ricerca in corso.

A carattere applicativo, con analisi e risoluzione di casi reali.

Si incoraggiano le tesi interdisciplinari in collaborazione con altri Dipartimenti.

AERODINAMICA — BO, cds: C, M

Docente: **Giambattista Scarpi** prof. ord.

L'insegnamento ha lo scopo di fornire le nozioni necessarie per comprendere i fenomeni relativi al moto di un fluido attorno a un corpo. Queste nozioni servono in particolare per lo studio

della resistenza del mezzo, delle superfici portanti degli aerei, delle palettature di alcuni tipi di pompe e turbine.

Caratteristiche meccaniche e termodinamiche dei fluidi. Campi scalari e campi vettoriali. Equazioni per lo studio del moto dei fluidi. Campi di moto irrotazionali (moti a potenziale). Moto piano irrotazionale di fluido incomprimibile. Funzioni analitiche e trasformazione conforme e loro applicazioni ai moti piani. Profili Joukowski. Teoria dello strato limite. Comportamento aerodinamico dei corpi di cattiva penetrazione. Studio di correnti comprimibili. Correnti subsoniche. Moto isoentropico in condotti di sezione variabile. Comportamento aerodinamico di profili sottili in corrente subsonica. Correnti supersoniche. Espansione di Prandtl-Meyer. Onde di shock. Comportamento aerodinamico di profili sottili in corrente supersonica. Cenni sulle eliche. Cenni sulla teoria dei modelli e sulle gallerie aerodinamiche.

Testi consigliati:

HOUGHTON - CARPENTER, *Aerodynamics for engineering students*, Arnold.
KUETHE - CHOW, *Foundation of aerodynamics*, Wiley.
MATTIOLI, *Aerodinamica*, Levrotto & Bella.
QUORI, *Aerodinamica*, Levrotto & Bella.

AFFIDABILITÀ E CONTROLLO DI QUALITÀ

BO, cds: G

Docente: **Mario Rinaldi** prof. ord.

Il problema della qualità in una struttura produttiva. Evoluzione del concetto di qualità. La qualità totale ed il miglioramento continuo. Le norme ISO del 1987. Il controllo di qualità in accettazione, in produzione, sul prodotto finale. Le norme, gli enti normatori. Le norme relative alla sicurezza ed alla funzionalità. Le certificazioni. *Il controllo di qualità*: conformità e affidabilità. Controllo di processo e di prodotto, tolleranza naturale e di specifica. La manutenzione: politiche di manutenzione e criteri di scelta.

Controlli, *collaudi, verifche, controllo delle misurazioni* anche secondo quanto previsto dalle norme UNI EN 29000. Teoria e tecnica delle misurazioni. Necessità di una organizzazione metrologica internazionale, nazionale, aziendale. Sistemi di misura. Le unità di misura ed i campioni. Le misure eseguite direttamente con strumenti, le misure che richiedono anche trasduttori. Il controllo automatico di un sistema di produzione complesso: i sistemi di acquisizione dati come parte di una catena di regolazione. I sensori-trasduttori ed i segnali elettrici come supporto fisico delle informazioni di misura. La estrazione delle informazioni dai segnali elattrici. Gli errori di misura. Controllo di qualità in linea e fuori linea. Prove di e di tipo. Richiami di statistica di calcolo delle probabilità. Analisi statistica delle tolleranze. Il metodo di Taguchi e la funzione quadratica di perdita.

Affidabilità. Concetti di qualità e di fidatezza, concetto di guasto, di avaria e loro classificazione, norma CEI 56-60. Funzioni di affidabilità, distribuzione sperimentale dei guasti, modelli di azzardo, parametri di affidabilità: MTFF, MTBF, MTTR. Affidabilità di missione. Affidabilità combinatoria. Configurazioni complesse: metodo delle ispezioni, degli eventi, della probabilità condizionata, delle unioni e dei tagli minimi, tecnica della matrice di connessione. Affidabilità sperimentale: modelli sperimentali di degradazione nei componenti elettronici, prove su componenti e su sistemi. Analisi statistica dei dati di affidabilità: principali distribuzioni discrete (binominale, di Poisson) e continue. Criteri di scelta della numerosità del campione. Tecniche di analisi dei sistemi. *Analisi dei modi e degli effetti di guasto* (FMEA) e loro criticità (FMECA). Analisi

dell'albero dei guasti. Tecniche di incremento dell'affidabilità e della disponibilità Elementi di Logistica, il processo logistico, il sistema primario ed il sistema di supporto, gli elmenti del Supporto Logistico Integrato (ILS), le attività di analisi (LSA). Principali riferimenti normativi nazionali e internazionali. Affidabilità del software: modelli di affidabilità del software. Norma ISO/IEC 9126.

Testi consigliati:

G. MATTANA, *Qualità, affidabilità, certificazione*, Franco Angeli Editore.
A. GALGANO, *La qualità totale*, Ed. Il Sole-24 Ore.
T. CONTI, *Come costruire la qualità totale*, Sperling & Kupfer Editori.
A. ZANINI, *Elementi di affidabilità*, Ed. Progetto Leonardo, Bologna.
E. CARRATA, *L'affidabilità per l'elettronica*, Roma.

AFFIDABILITÀ E STATISTICA PER I SISTEMI ELETTRICI L **BO, cds: E**
Docente: **Gian Carlo Montanari** prof. straord.

1. Introduzione: Affidabilità, qualità, diagnostica e guasto dei sistemi elettrici, metodo sperimentale, analisi statistica dei risultati e stima dell'affidabilità.
2. Calcolo delle probabilità: Definizioni, esperimento aleatorio, eventi e spazi rappresentativi, probabilità, campionamento, variabile binomiale, teorema di Bernoulli, applicazioni al controllo di qualità.
3. Indipendenza e dipendenza stocastica: Probabilità condizionata, indipendenza stocastica, distribuzione binomiale e sue approssimazioni.
4. Variabili aleatorie: Variabili aleatorie continue e discrete, funzioni distribuzione e densità di probabilità, distribuzioni condizionate, funzioni di probabilità di uso comune.
5. Variabili aleatorie bivariate (doppie): Distribuzione e densità di probabilità, distribuzioni marginali, variabili aleatorie congiuntamente normali, indipendenza stocastica.
6. Momenti di una variabile aleatoria: Trasformazione lineare e quadratica, valore atteso e sue proprietà, momenti del secondo ordine (varianza e covarianza), teorema del limite centrale, lemma di Tchebycheff, momenti del terzo e quarto ordine.
7. Affidabilità: La funzione azzardo e il tasso di guasto, affidabilità di un dispositivo, MTTF e MTBF.
8. Analisi statistica dei dati sperimentali: Stima di probabilità, metodi empirici (rappresentazione per istogrammi, momenti e percentili), proprietà degli stimatori (correttezza, efficienza e consistenza).
9. Stime puntuali dei parametri delle funzioni di probabilità: Metodi della massima verosimiglianza e dei momenti, stima dei parametri delle funzioni di probabilità normale, lognormale, esponenziale, Weibull.
10. Stime per intervalli: Calcolo degli intervalli di confidenza per la media, metodi simulativi (Monte Carlo).
11. Verifica dell'ipotesi statistica: Intervallo di confidenza, test sulla media, test sul rapporto delle varianze, metodo del chiquadro.
12. Stime lineari: Regressione lineare (stima mediante i metodi della massima verosimiglianza e minimi quadrati), intervalli di confidenza.
13. Cenni sui metodi di prova su componenti e sistemi elettrici, banche dati, normativa.

Esercitazioni: Stima di parametri di funzioni di probabilità e test di adattamento per mezzo di software Excel e Matlab.

Testi consigliati:

Appunti del docente;
T.H. WONNACOT, R.J. WONNACOT, *Introduzione alla Statistica*, Franco Angeli ed.
A. ZANINI, *Elementi di Affidabilità*, Esculapio ed.

Esame: orale preceduto da una prova scritta consistente nella risoluzione di alcuni esercizi numerici.

Pagina Web del Corso: http://www.limat.ing.unibo.it/didattica/aff_stat_L.htm

AMMINISTRAZIONE DI RETI DI CALCOLATORI LA **BO, cds: I**
Docente: **Marco Prandini** ric.

Finalità:
Illustrare le problematiche relative alla gestione delle reti di calcolatori. Descrivere i più comuni approcci ai problemi di diagnostica dei guasti, di monitoraggio delle risorse, di pianificazione, realizzazione e configurazione di reti di piccole e medie dimensioni. Introdurre l'uso pratico di strumenti di automazione dei compiti suddetti.

Programma:
– Gestione locale di un sistema in rete: Richiami di shell scripting, Strumenti di monitoraggio dei processi e delle risorse in ambiente Unix, Automatizzazione del monitoraggio.
– Autenticazione e autorizzazione: Gestione degli utenti in ambiente Unix e introduzione a LDAP, Reti e domini Windows, Struttura di Active Directory, Access Control Lists (Microsoft Windows e Sun Solaris).
– Monitoraggio e gestione: Problematiche di gestione delle reti, I modelli di gestione, Il protocollo SNMP, Piattaforme di gestione della rete, Monitoraggio a basso livello, Tool di scanning, sniffing, packet filters.
– Configurazione semiautomatica della rete: Protocolli e strutture dati di DHCP, DNS, Radius, Analisi di una sessione DHCP, Configurazione di un caching server DNS.

Esame – La frequenza costante alle esercitazioni pratiche e la risoluzione in itinere dei problemi proposti consentono l'accesso ad un esame orale abbreviato. Diversamente, l'esame può prevedere una prova pratica seguita da una prova orale.
Esercitazioni – Le esercitazioni pratiche, guidate dal docente, in laboratorio su macchine Linux sono parte fondamentale del corso e riguardano tutti gli argomenti del programma.
Propedeuticità – Fondamenti di Informatica L-A, Fondamenti di Informatica L-B, Laboratorio di Informatica L-A, Reti di Telecomunicazioni L-A, Reti di Calcolatori L-A.

Bibliografia obbligatoria

Dispense curate dal docente, Manuali on-line sulle postazioni di laboratorio. Materiale disponibile sul sito del corso, raggiungibile da http://lia.deis.unibo.it/Courses/ seguendo il link per l'anno accademico di interesse.

ALGORITMI DI OTTIMIZZAZIONE LS **BO, cds: I**
Docente: **Paolo Toth** prof. ord.

Finalità del corso

Il corso si propone di illustrare i modelli matematici e gli algoritmi proposti per la soluzione dei problemi di Ottimizzazione Combinatoria. Particolare attenzione viene dedicata al comportamento sperimentale dei modelli e degli algoritmi considerati.

Programma

Introduzione – Classificazione dei problemi di ottimizzazione. Modelli matematici di problemi di ottimizzazione combinatoria. Utilizzazione di software commerciale per la soluzione di problemi di Programmazione Lineare Continua e Intera.

Modelli e algoritmi per problemi polinomiali – Assegnamento a costo minimo. Arborescenza a costo minimo. Tecnica del *core problem*.

Algoritmi esatti per problemi NP-difficili – Programmazione Dinamica: riduzione del numero degli stati; utilizzo di bound; algoritmi per i problemi del *Knapsack* e del circuito hamiltoniano a costo minimo (*Travelling Salesman Problem*). Algoritmi *branch-and-bound*: miglioramento dei rilassamenti, tecnica del subgradiente, criteri di dominanza, tecnica del *core problem*; algoritmi per i problemi del *Knapsack*, del *Traveling Salesman Problem* in grafi orientati e non orientati, dell'instradamento dei veicoli (*Vehicle Routing Problem*) e della copertura a costo minimo (*Set Covering Problem*). Algoritmi *branch-and-cut*: aggiunta di vincoli per il miglioramento dei rilassamenti, procedure di separazione per la soluzione di modelli con un numero elevato di vincoli; algoritmi per il *Traveling Salesman Problem* in grafi orientati e per il *Vehicle Routing Problem*. Algoritmi *branch-an-price*: procedure di generazione di colonne per la soluzione di modelli con un numero elevato di variabili decisionali; algoritmi per problemi di caricamento di contenitori (*Bin Packing Problem*). Analisi sperimentale delle prestazioni computazionali degli algoritmi proposti.

Testi di consultazione

S. Martello, P. Toth, *Knapsack Problems: Algortihms and Computer Implementations*, J. Wiley, 1990.

R.K. Ahuja, T.L. Magnanti, J.B. Orlin, *Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications*, Prentice hall, 1993.

G. Gutin, A. Punnen (a cura di), *The Traveling Salesman Problem and Its Variations*, Kluwer, 2002.

P. Toth, D. Vigo (a cura di), *The Vehicle Routing Problem*, SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications, 2002.

Materiale didattico: Fotocopie dei trasparenti utilizzati a lezione.
Esami: prove scritte.
Propedeuticità: corsi di base di Informatica e di Ricerca Operativa.
Tesi di laurea: realizzazione di algoritmi efficienti per problemi di ottimizzazione combinatoria.

ANALISI DI SICUREZZA NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO **BO, cds: R, Q, G**
Docente: **Sarah Bonvicini** ric.

Introduzione. Definizioni di sicurezza, pericolo, rischio. Incidenti tipici nell'industria di processo: distribuzione in relazione ai possibili danni a persone e proprietà ed alle tipologie dei sistemi e degli apparati. Case hystories. Alcune misure di rischio: OSHA, FAR per incidenti in ambienti di lavoro o connessi con eventi naturali. Misure di rischio d'area: rischio locale, individuale e sociale.

Rischi specifici delle sostanze e dei preparati chimici. Principali parametri di pericolosità (TLV, LEL, UEL, punto di infiammabilità, ecc), etichettatura e schede di sicurezza. Le correlazioni di probit per interpretare la risposta di individui e/o strutture alla esposizione a radiazioni termiche, sovrapressioni, concentrazioni.

Analisi di sicurezza degli impianti dell'industria di processo: normativa, procedure, case studies.

Identificazione degli eventi incidentali: "safety checklists", metodo ad indici (con riferimento specifico alla normativa), HazOp, FMEA, "safety review".

Stima delle frequenze incidentali: analisi storiche, valutazioni probabilistiche (l'affidabilità di impianto: elementi di teoria delle probabilità; ratei di guasto dei componenti di impianto e di sistemi complessi); disponibilità di impianto e programmazione della manutenzione. Alberi di guasto e di eventi: metodi semplificati di quantificazione. Cenni al problema della quantificazione dell'errore umano.

La valutazione delle conseguenze di incidenti.

Dispersioni accidentali: Modello "sorgente" per il rilascio di tossici e/o infiammabili: efflussi accidentali di liquidi e vapori da serbatoi e tubazioni; l'evaporazione da pozze. Modello di trasmissione: il modello gaussiano, stima di masse in zona di esplosività e di aree a rischio tossico. La dispersione di gas pesanti: fenomenologie e elementi di modellistica. Equazioni di probit per i tossici. Esposizione indoor o outdoor.

Incendi: di jets, pozze e fireballs.

Esplosioni: detonazioni e deflagrazioni, VCE: semplici modelli di calcolo delle sovrapressioni. Esplosione di polveri. Reazioni esotermiche incontrollabili. Vulnerabilità degli individui e delle strutture.

Alcuni metodi per la mitigazione dei rilasci: sicurezza intrinseca, rivelazione delle perdite, contenimento. Gestione delle emergenze: procedure di shutdown, evacuazione, rifugi.

Analisi dei rischi di alcune realtà impiantistiche.

Gestione del rischio di un'area industriale e presupposti per la gestione delle emergenze esterne (criteri di accettabilità, valutazioni quantitative, comunicazione).

Per gli studenti di *ingegneria gestionale* il programma è ridotto e sono previste esercitazioni distinte, che includono anche la trattazione delle problematiche relative all'igiene e alla sicurezza negli ambienti di lavoro (aspetti tecnici, normative ed applicazioni).

Bibliografia

Valutazione dei Rischi e Misure di Sicurezza in Impianti e Trasporti

1. LEES, F.P., *Loss Prevention in the process industries (II ed.)*, Butterworth-Heineman, Oxford, UK, 1996..
2. D.A. CROWL, J. F. LOUVAR, *Chemical process Safety: Fundamentals with Applications*, Prentice Hall, NJ, 1990.
3. Centre for Chemical Process Safety of AIChE, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, New York, USA, 1989.
4. Center for Chemical Process Safety Of AIChE, *Guidelines for chemical transportation risk analysis*, AIChE, New York, 1995.

5. Center for Chemical Process Safety Of AIChE, *Guidelines for Process Safety Fundamentals in general plant Operations*, AIChE, New York, 1995.
6. Center for Chemical Process Safety Of AIChE, *Guidelines for Hazard Evaluation Porcedures (II ed.)*, AIChE, New York, 1992.
7. Center for Chemical Process Safety Of AIChE, *Guidelines for Technical Planning for On.Site Emergencies*, AIChE, New York, 1995.
8. TNO, *Methods for the evaluation of physical Effects. Report CPR 14E (III ed.)*, The Director-General of Labour, The Hague, Netherlands, 1997.

Alcune Analisi di rischio di Stabilimenti Industriali e Trasporti di Sostanze Pericolose

1. Central Environmental Control Agency Rijnmond, *Risk Analysis of Six Potentially Industrial Objects in the Rijnmond Area, a Pilot Study – A Report to the Rijnmond Public Authority*, D. Reidel Publishing Company, Dortrecht, Holland, 1982.
2. Health and Safety Executive, *Canvey: Summary of an investigation of potential hazards from operations in the Canvey Island/Thurrock Area*, HM Stationery Office, London, U.K, 1982.
3. Health and Safety Commission: *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances*, HMSO, London, 1991.
4. D. Egidi, F.P. Foraboschi, G. Spadoni, A. Amendola, *The ARIPAR project: an analysis of the major accident risks connected with industrial and trasnportation activities in the Ravenna area*, Reliability Engineering and System Safety, 49, 75, 1995.
5. G. Spadoni, D. Egidi, S. Contini, *Through ARIPAR-GIS the quantified area risk analysis supports land-use planning activities,* J. Hazardous Materials, 71, 423, 2000.

Normativa italiana di riferimento

Per i rischi di incidente rilevante

1. Direttiva 96/82/CE del Consiglio del 9 de dicembre 1996 relativa al controllo dei pericoli di incidente rilevante.
2. D. Lgs. 17.08.1999, n.334, Attuazione della Direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose, Suppl.Ord. GU 28.9.1999.

Alcuni Siti INTERNET utili

Norme di legge europee:

http://www.europa.eu.int/eur-lex/it/

Schede di sicurezza, proprietà delle sostanze pericolose, process safety

http://www.cdc.gov/niosh/npg/pgdstart.html
http://hazard.com/msds/links.html
http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/
http://mahbsrv.jrc.it/
www.epa.gov/ngispgm3/iris/index.html

Per gli studenti del Corso di laurea in Ingegneria Gestionale sono previste esercitazioni distinte, che includono anche la trattazione delle problematiche relative all'igiene e alla sicurezza negli ambienti di lavoro (aspetti tecnici, normative ed applicazioni).

Bibliografia

Per l'elenco dei testi consigliati rivolgersi al Dipartimento di Ingegneria Chimica mineraria e delle Tecnologie Ambientali.

ANALISI MATEMATICA I **BO, cds: D**
Docente: **Carlo Ravaglia** prof. ass.

Numeri reali; massimo, minimo, estremo superiore ed estremo inferiore; funzioni monotone; potenze; radicali; valore assoluto; equazioni reali; disequazioni; numeri complessi; parte reale, parte immaginaria, valore assoluto di un numero complesso.

Funzioni reali di variabile reale; continuità; teorema di Weierstrass; teorema del valor intermedio; limiti; estremanti relativi; funzioni asintoticamente equivalenti, trascurabili, infariori; principio di sostituzione per i limiti.

Serie; serie e termini positivi; criteri del confronto, del rapporto e della radice; serie assolutamente convergenti.

Derivata; differenziale; estremanti relativi e derivata; teorema di Rolle; teorema del valor medio; funzioni a derivata nulla; funzioni monotone e segno della derivata; convessità; convessità e segno della derivata seconda; polinomio di Taylor; estremanti relativi e derivate d'ordine superiore; funzioni elementari; studio di funzione.

Argomento di un numero complesso, radici complesse; logaritmi complessi.

Primitive, integrali; teorema della media integrale; integrazione per sostituzione e per parti; integrazione delle funzioni razionali; formula di Taylor con resto integrale.

Integrali impropri; integrali impropri di funzioni positive; criterio del confronto; integrali impropri assolutamente convergenti.

Testi consigliati

C. RAVAGLIA, *Analisi Matematica I*, Nautilus, Bologna, 2000.
C. RAVAGLIA, *Analisi Matematica I Compiti d'Esame*, Nautilus, Bologna, 1997.

ANALISI MATEMATICA II **BO, cds: D,C**
Docente: **Carlo Ravaglia** prof. ass.

Derivata direzionale; derivata parziale; estremanti relativi e gradiente; teorema di Schwarz; funzione differenziabile in un punto; derivata; differenziabilità a per funzioni scalari; estremanti relativi e differenziale secondo; funzioni omogenee; formula di Eulero. Forme differenziali; campo di vettori; forme differenziali esatte; forme differenziali chiuse; integrali di forme differenziali su traiettorie; teorema di Poincaré. Equazioni implicite; teorema di Dini. Sottovarietà a differenziale parametrizzabile; sottovarietà a differenziale; massimi e minimi vincolati.

Equazioni differenziali del primo ordine; equazioni differenziali di forma normale; equazioni a variabili separabili; sistema di equazioni differenziali del primo ordine; equazioni differenziali di ordine superiore al primo; equivalenza fra equazione di ordine n e sistema di n equazioni del primo ordine. Equazioni differenziali lineari del primo ordine; sistemi di equazioni differenziali lineari del primo ordine; sistemi lineari omogenei; sistema omogeneo a coefficienti costanti; sistemi lineari non omogenei; equazioni differenziali lineari di ordine n; equazioni lineari omogenee di ordine n; equazione omogenea a coefficienti costanti; equazioni lineari non omogenee.

Intervallo di $\mathbf{R}^N$; misura di un intervallo; insiemi di misura nulla; funzioni di Riemann; integrale di una funzione di Riemann; funzione integrale; teorema fondamentale del calcolo integrale; formula di Leibniz-Newton; integrale sul prodotto di due intervalli. Insiemi misurabili secondo Lebesgue; funzioni misurabili secondo Lebesgue; integrale di funzioni misurabili positive; additività numerabile dell'integrale di funzioni positive; misura di un insieme misurabile; teorema

della convergenza monotona; teorema della convergenza dominata di Lebesgue; formule di riduzione; cambiamento di variabile negli integrali su insiemi misurabili; funzioni integrabili secondo Lebesgue; integrale di una funzione integrabile.

Graamiano di m vettori; integrale di una funzione su una varietà parametrizzabile; misura di un insieme su una varietà parametrizzabile; integrali curvilinei di una funzione; lunghezza di una curva; integrali di superficie di una funzione; area di una superficie. Forme m-lineari alternanti; differenziale di una m-forma: divergenza di un campo di vettori; rotore di un campo di vettori. Integrale di una m-forma su una varietà parametrizzabile orientata; integrale di una 1-forma; lavoro di un campo di vettori; integrale di una $N-1$ forma; flusso di un campo di vettori. Teorema di Stokes generale; formula di Green nel piano; formula di Stokes per superfici di $\mathbf{R}^3$; teorema della divergenza.

Testi consigliati

C. RAVAGLIA, *Analisi Matematica II* - Nautilus Bologna, 2002.
C. RAVAGLIA, *Analisi Matematica I Compiti d'Esame* - Nautilus Bologna, 2002.

ANALISI MATEMATICA LA **BO, cds: R, Q, V**
Docente: **Giovanna Citti** prof. straord.

Successioni in R. Successioni convergenti, divergenti, limitate. Unicità del limite, proprietà algebriche dei limiti (somme, prodotti, quozienti, valore asssoluto). Teorema del confronto, dei due carabinieri, teorema di permanenza del segno. Successioni reali monotone: definizione e teorema di esistenza del limite di tali successioni. In particolare la successione che definisce il numero reale e. Confronto tra diversi infiniti e infinitesimi. Definizione di o piccolo.

Funzioni reali di una variabile reale Generalità sulle funzioni: dominio, immagine, composizione di funzioni, funzione inversa di una funzione invertibile. Funzioni monotone. Definizione di intervalli reali. Funzioni elementari: le funzioni potenze, esponenziali, logaritmiche. Le funzioni circolari.

Limiti e continuità. Definizione di limite di una funzione. Limiti da destra e da sinistra. Relazione fra l'esistenza di limite e del limite da destra e da sinistra. Definizione di funzione continua in un punto del suo dominio. Operazioni sui limiti e sulle funzioni continue (somme, prodotti, quozienti, composizioni).

Proprietà globali delle funzioni continue. I teoremi fondamentali sulle funzioni continue definite su un intervallo: degli zeri, di Bolzano, di Weierstrass. Massimo, minimo, estremo superiore ed inferiore di una funzione. Immagine di un intervallo tramite una funzione continua.

Calcolo differenziale per funzioni reali Definizione di derivata di una funzione in un punto. Definizione di funzione differenziabile. Significato geometrico della derivata di una funzione in un punto, retta tangente al grafico di una funzione in un punto. Regole di derivazione (somme, prodotti, quozienti, composizione). Teorema che lega la derivabilità e la continuità di una funzione. Teorema che lega la derivabilità e la differenziabilità. Derivate delle funzioni elementari.

Alcune applicazioni del calcolo differenziale Punti di massimo e di minimo relativo di una funzione, teorema di Fermat, teorema del valor medio. Teorema che lega la monotonia di una funzione al segno della derivata. Derivate di ordine superiore. Funzioni convesse e concave in un intervallo di R. Formula di Taylor di ordine n con resto nella forma di Peano

Integrale di Riemann Definizione di integrale secondo Riemann. Le proprietà di additività, di linearità, di monotonia dell'integrale.Definizione di primitiva. Teorema fondamentale del cal-

colo integrale. Integrazione per parti e per mezzo di un cambiamento di variabile. Calcolo dell'integrale delle funzioni razionali e di alcune classi di funzioni non razionali.

Modalità d'esame: L'esame consta di una prova scritta (che può essere suddivisa in due prove intermedie per coloro che frequentano) e una prova orale.

Testi consigliati:

M. BRAMANTI, PAGANI, SALSA, *Matematica*, Zanichelli.

ANALISI MATEMATICA LA

BO, cds: G, P

Docenti: **Giovanni Dore** prof. ord.
Maria Manfredini ric.

FUNZIONI

Richiami sulle funzioni: dominio, immagine, funzioni iniettive, suriettive, biunivoche; composizione di funzioni; funzione inversa.

Funzioni elementari di variabile reale: potenza, esponenziale, logaritmo, funzioni trigonometriche e loro inverse, funzioni iperboliche e loro inverse.

SUCCESSIONI REALI

Successioni in **R**; limiti di successioni; teoremi di unicità del limite, di permanenza del segno e del confronto; operazioni sui limiti.

Successioni monotone e loro limiti; limitatezza ed estremi di sottoinsiemi di **R**. Il numero e; alcuni limiti notevoli di successioni.

LIMITI E CONTINUITÀ PER FUNZIONI DI UNA VARIABILE

Limiti di funzioni reali di variabile reale; estensione dei risultati stabiliti per le successioni; limite di funzione composta. Limite destro e sinistro; funzioni monotone e loro limiti. Alcuni limiti notevoli.

Continuità di funzioni reali di variabile reale, operazioni sulle funzioni continue. I teoremi degli zeri, dei valori intermedi e di Weierstrass.

CALCOLO DIFFERENZIALE PER FUNZIONI DI UNA VARIABILE

Derivata di una funzione; regole di derivazione; derivata delle funzioni elementari. Teoremi di Rolle e di Lagrange, loro conseguenze; crescenza e decrescenza. Il teorema di de l'Hôpital. Derivate di ordine superiore; formula di Taylor. Massimi e minimi relativi; funzioni convesse, flessi. Asintoti; studio di funzione.

CALCOLO INTEGRALE PER FUNZIONI DI UNA VARIABILE

Integrale di funzioni continue; proprietà dell'integrale; teorema della media integrale, teoremi fondamentali del calcolo integrale; primitiva di una funzione.

Integrazione per parti; integrazione per sostituzione; cenni sull'integrazione di funzioni razionali.

INTEGRALI GENERALIZZATI

Integrale generalizzato per funzioni illimitate o definite su intervalli illimitati di **R**; assoluta integrabilità in senso generalizzato. Criterio del confronto.

Testi consigliati:

M. BRAMANTI - C.D. PAGANI - S. SALSA, *Matematica*, Ed. Zanichelli.
S. SALSA - A. SQUELLATI, *Esercizi di matematica*, vol. 1, Ed. Zanichelli.

ANALISI MATEMATICA LA **BO, cds: I (A, F), U**
Docente: **Simonetta Abenda** ric.

Programma:

Premesse: N, Z, Q, R, relazioni di ordine, dominio e condominio di una funzione, funzioni, grafico, iniettività, suriettività, immagine, controimmagine, funzione inversa, funzione composta, funzioni elementari.

Numeri complessi: forma algebrica, modulo e argomento, forma trigonometrica, radici(*), equazioni algebriche in campo complesso.

Limiti: Intorni, punti di accumulazione, limiti finiti e infiniti di funzioni di variabile reale a valori reali, limite destro e sinistro. Proprietà del limite: unicità, località, locale limitatezza; proprietà algebriche del limite e teorema del confronto. Limiti di funzioni monotone. Forme indeterminate: infiniti e infinitesimi. Continuità e derivata di una funzione di variabile reale a valori in R. Simboli di Landau. Teorema di de l'Hopital per forme indeterminate. Limiti notevoli (*).

Continuità: Funzioni continue di variabile reale a valori in R. Continuità della funzione composta. Permanenza del segno. Proprietà delle funzioni continue definite su intervalli: teorema di Weierstrass, teorema di Bolzano, teorema degli zeri, teorema su invertibilità e monotonia, teorema di continuità della funzione inversa.

Derivazione: Interpretazione geometrica e meccanica della derivata, differenziale, derivate di ordine superiore, derivate delle funzioni elementari. Regole di derivazione: derivata della somma di funzioni(*), regola di Leibniz(*), derivata della funzione reciproca(*), derivata della funzione inversa, derivata della funzione composta.

Proprietà delle funzioni derivabili su intervalli: teorema di Rolle(*), teorema di Lagrange(*), funzioni a derivata nulla e funzioni costanti(*), primitiva, teorema su monotonia e segno della derivata(*). Funzioni convesse: definizione e interpretazione geometrica, teorema su convessità e monotonia della derivata prima, teorema su convessità e segno della derivata seconda.

Formula di Taylor: Polinomio di Taylor, unicità del polinomio di grado minore o uguale a n che approssima una funzione all'ordine n(*), formula di Taylor con il resto di Peano (dimostrazione nei casi n=1 e n=2), proprietà delle derivate del polinomio di Taylor; formula di Taylor con il resto di Lagrange, formula di Taylor delle funzioni elementari: exp(x) (*), cos(x) (*), sin(x) (*), cosh(x)(*),senh(x)(*), (1+x)^a(*), 1/(1−x) (*),1/(1+x)(*), 1/(1−x^2)(*), 1/(1+x^2)*, log(1+x) (*), applicazione ai limiti di forme indeterminate.

Analisi qualitativa delle funzioni: Asintoti; punti singolari di prima e seconda specie, punti angolosi, cuspidi, punti estremanti locali, punti stazionari, i punti estremanti interni sono stazionari(*), condizioni sufficienti (mediante le derivate) perché un punto sia estremante locale(*), punti di flesso: definizione e interpretazione geometrica, condizioni necessarie e condizioni sufficienti (mediante le derivate) perché un punto sia di flesso.

Integrazione: Definizione di integrale di Riemann per funzioni limitate definite su intervalli limitati. La funzione di Dirichlet non è integrabile secondo Riemann (*). Proprietà dell'integrale: linearità, monotonia, additività. Teorema della media integrale(*). Le funzioni continue sono integrabili. Le funzioni monotone sono integrabili. Funzione integrale e funzione primitiva. Il teorema fondamentale del calcolo integrale per le funzioni continue(*). Regola di Torricelli(*). Te-

orema di integrazione per parti (*) e teorema di integrazione per sostituzione (*). Integrazione delle funzioni razionali. Integrale di Riemann generalizzato. Criterio del confronto per la convergenza dell'integrale generalizzato di una funzione positiva.

Equazioni differenziali del primo ordine: Integrale generale di un'equazione differenziale, problema di Cauchy e principio di causalità. Teorema di esistenza, unicità e rappresentazione integrale della soluzione del problema di Cauchy di un'equazione differenziale del primo ordine lineare (*). Teorema di esistenza, unicità e rappresentazione in forma implicita della soluzione del problema di Cauchy di un'equazione differenziale a variabili separabili.

Testi consigliati

S. ABENDA-S. MATARASSO, *Analisi Matematica* (Progetto Leonardo, Esculapio 1999).
S. ABENDA-S. MATARASSO-A. PARMEGGIANI, *Esercizi di Analisi Matematica*, parte I (Progetto Leonardo, Esculapio 2000).

Nota: Per gli argomenti con l'asterisco è richiesta la dimostrazione.

ANALISI MATEMATICA LA

Docenti: **Enrico Obrecht** prof. ord. — **BO, cds: M (A-L)**
Nicola Arcozzi ric. — **BO, cds: M (M-Z), N**
Cataldo Grammatico ric. — **BO, cds: E, T**

LIMITI E CONTINUITÀ.

Definizione di successione di numeri reali convergente e divergente. I teoremi sui limiti di successione: unicità del limite, teoremi di confronto, dei due carabinieri. L'algebra dei limiti. Successioni monotone e loro limiti. Il numero e. Definizione di funzione reale di una variabile reale continua. I teoremi di Weierstrass, degli zeri e dei valori intermedi. Definizione di limite per funzioni reali di una variabile reale; estensione dei risultati stabiliti per le successioni. Richiami sulle funzioni: composizione di funzioni, funzioni invertibili e funzioni inverse. Continuità della composizione di due funzioni continue e il teorema di cambiamento di variabile nei limiti. Limiti da destra e da sinistra. Funzioni monotone e loro limiti. Asintoti. Le funzioni circolari inverse. Le funzioni iperboliche e le loro inverse.

CALCOLO DIFFERENZIALE.

Definizione di funzione derivabile e di derivata. Il calcolo delle derivate. I teoremi del valor medio e loro applicazione allo studio della monotonia di una funzione. Derivate di ordine superiore. Formula di Taylor. Estremanti relativi: definizione, condizioni necessarie, condizioni sufficienti. Funzioni convesse. Cenni alle funzioni di più variabili: definizione di derivata parziale e di gradiente. Cenno alle funzioni vettoriali di una variabile reale: definizione di derivata.

CALCOLO INTEGRALE.

Definizione di integrale per funzioni continue. Proprietà dell'integrale: linearità, additività, teorema della media. I teoremi fondamentali del calcolo integrale. I teoremi di integrazione per sostituzione e di integrazione per parti.

NUMERI COMPLESSI.

Definizione di numero complesso. Le operazioni sui numeri complessi. Forma algebrica e forma trigonometrica di un numero complesso. Radici di un numero complesso. Risoluzione di equazioni in campo complesso.

Testi consigliati

M. BRAMANTI – C.D. PAGANI – S. SALSA, *Matematica*, Zanichelli.
S. SALSA – A. SQUELLATI, *Esercizi di matematica*, Vol. 1, Zanichelli.

ANALISI MATEMATICA LA **BO, cds: I (G, Z), L**
Docente: **Fabio Ancona** prof. ass.

1. I numeri e i concetti generali sulle funzioni numeriche

I numeri naturali **N**, i numeri interi **Z**, i numeri razionali **Q** ed i numeri reali **R**. Operazioni algebriche su **R** e loro proprietà. Rappresentazione geometrica dei numeri reali. Assioma di Dedekind di continuità o completezza dell'insieme dei numeri reali (postulato degli intervalli incapsulati). Rappresentazione decimale dei numeri reali. Ordinamento totale dell'insieme dei numeri reali e compatibilità dell'ordine con le operazioni algebriche. Valore assoluto, o modulo, di un numero reale. Disuguaglianza triangolare. Generalità sulle funzioni reali di una variabile reale: dominio, immagine, grafico. Funzioni limitate, monotone, simmetriche (pari e dispari), periodiche. Composizione di funzioni, funzione identità, funzioni iniettive, funzione inversa.

2. Funzioni di una variabile reale I: continuità

Definizione di continuitàdi una funzione in un punto del suo dominio. Punti di discontinuità: discontinuità a salto, discontinuità infinite e discontinuità che non ammettono valori limite a sinistra ed a destra. Continuità di una funzione in un intervallo. Teorema dei valori intermedi e teorema di Bolzano (o degli zeri) per funzioni continue su un intervallo. Continuità della funzione inversa di una funzione continua, strettamente monotona, definita su un intervallo. Continuità della funzione composta. Definizione e proprietà delle funzioni elementari: funzioni potenza, funzioni esponenziali e logaritmiche, funzioni iperboliche, funzioni trigonometriche (e loro funzioni inverse).

3. Successioni numeriche: limiti

Sucessioni di numeri reali: definizione di limite, unicità del limite. Successioni convergenti, divergenti ed irregolari. Successioni convergenti sono limitate. Proprietà algebriche dei limiti finiti di successioni ed estensione di questi risultati ai limiti infiniti. Teorema di permanenza del segno e teorema del confronto per successioni. Esistenza del limite di una successione monotona. Il numero di Nepero e definito come limite di una successione. Confronto tra diversi infiniti ed infinitesimi. La gerarchia degli infiniti e degli infinitesimi.

4. Funzioni di una variabile reale II: limiti, asintoti e ulteriori proprietà delle funzioni continue

Definizione di limite (finito ed infinito) di una funzione in un punto ed all'infinito. Unicità del limite. Limiti unilateri: destri e sinistri. Caratterizzazione del limite di una funzione e della continuità in un punto tramite i limiti di successioni. Operazioni algebriche con i limiti finiti di funzioni ed estensione di questi risultati ai limiti infiniti. Forme di indeterminazione. Limite della funzione composta. Teorema di permanenza del segno e teorema del confronto per funzioni. Tecniche di calcolo dei limiti. Limiti notevoli. Confronto tra diversi infiniti ed infinitesimi (simboli di Landau o(.) di "o piccolo" e O(.) di "O grande"). La gerarchia degli infiniti (logaritmi, potenze, esponenziali, fattoriale) e degli infinitesimi. Definizione di asintoto orizzontale, verticale ed obliquo. Definizione di punto di massimo e di minimo assoluto per una funzione. Teorema di Weierstrass sui massimi e minimi di funzioni continue definite su un intervallo.

5. I numeri complessi

Definizione dei numeri complessi **C** mediante le coppie ordinate di numeri reali. Operazioni algebriche su **C** e loro proprietà. Identificazione di **R** con un sottinsieme di **C**. Incompatibilità delle operazioni algebriche con un ordinamento su **C**. Forma algebrica dei numeri complessi. Parte reale, parte immaginaria, modulo, coniugato di un numero complesso e loro proprietà. Disuguaglianza triangolare. Argomento di un numero complesso. Forma trigonometrica di un numero complesso. Teorema di De Moivre sul prodotto, sul quoziente e sulla potenza di numeri complessi. Radici nsime di un numero complesso.

6. Calcolo differenziale per funzioni di una variabile reale I: derivabilità e proprietà delle funzioni derivabili

Definizione di derivata di una funzione. Derivata destra e sinistra. Retta tangente al grafico di una funzione. Studio dei punti di non derivabilit\'a: punti angolosi, di cuspide, altri punti a tangenza verticale. Regole di derivazione delle funzioni elementari. Calcolo delle derivate di somme, prodotti e quozienti di funzioni derivabili. Derivata della funzione composta e della funzione inversa. La derivabilità di una funzione in un punto implica la continuità della funzione nel punto. Uso delle derivate per la ricerca dei massimi e minimi di una funzione: Teorema di Fermat. Teorema di Rolle. Teorema di Lagrange (o del valor medio). Caratterizzazione delle funzioni monotone e derivabili su intervalli tramite il segno della loro derivata. Le funzioni con derivata nulla su un intervallo sono tutte e sole le costanti.

7. Calcolo differenziale per funzioni di una variabile reale II: derivate di ordine superiore, ricerca degli estremi e approssimazioni lineari

Derivate di ordine superiore. Funzioni concave e convesse e loro proprietà. Flessi: definizione e utilizzo della derivata seconda per la loro ricerca. Uso delle derivate prima e seconda per lo studio del grafico di una funzione. Teorema di de l'Hôpital. Formula di Taylor al secondo ordine col resto secondo Peano e secondo Lagrange. Estensione della formula di Taylor all'ordine n.

8. Calcolo integrale per funzioni di una variabile reale I: l'integrale secondo Riemann, la funzione primitiva e i teoremi fondamentali del calcolo

Definizione di integrale di Riemann per funzioni continue di una variabile reale definite su intervalli chiusi e limitati. Proprietà fondamentali dell'integrale: additività rispetto all'intervallo di integrazione, linearità e monotonia rispetto alla funzione integranda. Teorema della media integrale. Primitiva e funzione integrale di una funzione definita su un intervallo. I due teoremi fondamentali del calcolo integrale. Definizione di integrale indefinito per una funzione continua su un intervallo chiuso e limitato.

9. Calcolo integrale per funzioni di una variabile reale II: metodi di integrazione e integrali impropri

Metodi di calcolo per gli integrali definiti e indefiniti. Metodo di sostituzione e di integrazione per parti. Tecniche di calcolo dell'integrale di alcune classi di funzioni razionali, di funzioni trigonometriche e di funzioni irrazionali. Definizione di integrale improprio (o generalizzato) per funzioni definite su intervalli limitati, non chiusi, e su intervalli illimitati. Criteri di integrabilità: criterio del confronto e del confronto asintotico.

10. Equazioni differenziali del primo ordine

Definizione di soluzione e di integrale generale di un'equazione differenziale del primo ordine in forma normale. Problema di Cauchy per un'equazione differenziale del primo ordine. Equazioni differenziali lineari del primo ordine: equazione omogenea, equazione completa.

Metodi di soluzione di un'equazione omogenea e per la determinazione di una soluzione particolare di un'equazione non omogenea. Equazioni differenziali (non lineari) a variabili separabili: esistenza locale e metodo di determinazione della soluzione di un problema di Cauchy.

Testi di riferimento

1. M. BRAMANTI, C.D. PAGANI & S. SALSA, *Matematica (calcolo infinitesimale e algebra lineare)*, Ed. Zanichelli, 2000.
2. R.A. ADAMS, *Calcolo differenziale 1 (funzioni di una variabile)*, Ed. C.E.A., 1999.
3. S. SALSA & A. SQUELLATI, *Esercizi di Matematica* (Vol. I), Ed. Zanichelli, 2001.
4. S. ABENDA, S. MATARASSO & A. PARMEGGIANI, *Esercizi di Analisi Matematica* (Parte I), Ed. Progetto Leonardo, 2001.

ANALISI MATEMATICA LA **BO, cds: C**

Docente: **Pier Luigi Papini** prof. ord.

Funzioni reali di una variabile reale.
Calcolo differenziale. Formula di Taylor.
Calcolo integrale: primitive; integrale definito; funzioni integrali.
Integrali impropri.
L'esame consta di una prova scritta, cui segue una breve prova orale.

ANALISI MATEMATICA LB **BO, cds: I (G-Z)**

Docente: **Fabio Ancona** prof. ass.

1. Elementi di base del calcolo infinitesimale in più variabili reali

Vettori, punti e insiemi del piano e dello spazio. Intorno di un punto. Insiemi aperti e chiusi. Frontiera, chiusura ed interno di un insieme. Successioni di punti, convergenza. Grafico cartesiano, curve e superfici di livello di una funzione scalare di più variabili reali. Limiti e continuità di funzioni di più variabili. Coordinate polari nel piano. Insiemi compatti; immagine di un insieme compatto tramite una funzione continua.

2. Curve parametriche e integrali curvilinei di funzioni scalari

Curve continue in forma parametrica: equazione, traiettoria (o sostegno), cambiamento di parametrizzazione. Curve parametriche semplici e chiuse. Vettore tangente e vettore normale alla traiettoria di una curva in un punto. Curve parametriche regolari. Curve parametriche rettificabili. Lunghezza di una curva parametrica di classe *C^1* a tratti. Ascissa curvilinea (o lunghezza d'arco). Integrale curvilineo rispetto alla lunghezza d'arco (o di prima specie) di una funzione scalare continua lungo una curva parametrica regolare. Esempi: massa, baricentro e momento d'inerzia. Insiemi connessi (per archi). Immagine tramite una funzione continua di un insieme connesso è un insieme connesso. Area di una regione piana delimitata da una curva parametrica semplice, chiusa, di classe *C^1* a tratti (integrale curvilineo di seconda specie).

3-a. Calcolo differenziale per funzioni scalari di più variabili reali

Derivate parziali; gradiente e proprietà. Derivate parziali di ordine superiore; lemma di

Schwarz; matrice hessiana. Piano tangente a una superficie grafico cartesiano di una funzione scalare di due variabili reali. Differenziabilità e differenziale. La differenziabilità di una funzione in un punto implica la continuità. Funzioni di classe *C^1* sono differenziabili. Derivate direzionali. Differenziabilità e derivabilità: formula del gradiente. Funzioni con gradiente nullo su aperti connessi sono costanti. Derivazione della funzione composta.

3-b. Calcolo differenziale per funzioni vettoriali

Derivate parziali; matrice Jacobiana e differenziale. Differenziabilità e matrice Jacobiana della funzione composta. Matrice Jacobiana della funzione inversa.

4. Formula di Taylor - Ottimizzazione I: Estremi liberi

Punti estremanti locali: massimi e minimi locali. Punti critici interni. Punti di sella. Funzioni continue definite su insiemi chiusi e limitati ammettono estremi assoluti. Condizione necessaria del primo ordine per l'esistenza di punti estremanti interni. Differenziale secondo; formula di Taylor del secondo ordine con resto secondo Peano. Forme quadratiche: proprietà e loro classificazione. Caratterizzazione delle forme quadratiche definite (positive o negative). Condizioni necessaria del secondo ordine affinché un punto interno sia estremante locale. Condizione sufficiente del secondo ordine affinché un punto interno critico sia estremante locale.

5-a. Ottimizzazione II: Estremi vincolati

Rappresentazione di curve in forma implicita. Teorema di Dini nel piano sull'esistenza locale di una curva parametrica implicitamente definita da un'equazione g (x, y) = 0. Spazio tangente e spazio normale ad una curva implicitamente definita. Equazione della retta tangente e della retta normale ad una curva implicitamente definita da un'equazione g (x, y) = 0. Punti estremanti locali e punti critici vincolati su una curva. Il gradiente di una funzione f in un punto critico x_0 di f vincolato su una curva appartiene allo spazio normale alla curva nel punto x_0. Condizione necessaria affinché un punto di una curva definita in forma implicita sia estremante locale per una funzione definita sulla curva (metodo dei moltiplicatori di Lagrange).

5-b. Lavoro (integrale curvilineo di una forma differenziale)

Lavoro di un campo vettoriale continuo lungo una curva parametrica regolare orientata (integrale curvilineo di seconda specie di una forma differenziale). Campo vettoriale conservativo e potenziale di un campo conservativo. Il lavoro di un campo vettoriale conservativo lungo una curva regolare orientata dipende solamente dagli estremi della curva. Condizione necessaria affinché un campo vettoriale di classe *C^1* sia conservativo è che sia irrotazionale. Insiemi convessi, stellati e semplicemente connessi; esempi. Condizione sufficiente affinché un campo vettoriale irrotazionale di classe *C^1* sia conservativo è che il dominio sia semplicemente connesso.

6. Integrale multiplo (secondo Riemann)

Integrabilità secondo Riemann di funzioni scalari continue, definite su domini normali e su domini regolari di **R**^2 e **R**^3. Proprietà dell'integrale: linearità, monotonia, additività rispetto al dominio di integrazione. Formule di riduzione per integrali doppi e tripli di funzioni continue definite su domini normali di **R**^2 e di **R**^3. Formule di riduzione per integrali tripli di funzioni continue. Cambiamento delle variabili di integrazione negli integrali doppi (trasformazione in coordinate polari, ellittiche). Applicazioni: calcolo di massa, baricentro e momento d'inerzia.

7. Equazioni differenziali lineari del secondo ordine

Proprietà dell'insieme delle soluzioni di un'equazione differenziale lineare omogenea del secondo ordine; Wronskiano di due soluzioni; teorema del Wronskiano. Integrale generale di

un'equazione differenziale lineare non omogenea. Problema di Cauchy associato ad un'equazione differenziale lineare del secondo ordine. Equazioni del secondo ordine a coefficienti costanti. Metodi per la determinazione dell'integrale generale di un'equazione omogenea, e di di un integrale particolare di un'equazione completa non omogenea (metodo di somiglianza per equazioni non omogenee a coefficienti costanti).

8. Serie numeriche

Somme parziali (o ridotte) n-sime, somma di una serie; serie regolari e serie oscillanti. Serie geometrica; condizione necessaria per la convergenza di una serie; divergenza della serie armonica. Serie a termini non negativi, criterio del confronto, criterio del rapporto, criterio della radice; criteri asintotici. Criterio di condensazione. Serie a termini di segno variabile, criterio di Leibniz. Convergenza assoluta di una serie e relazione con la convergenza semplice.

Testi di riferimento

1. M. BRAMANTI, C.D. PAGANI & S. SALSA, *Matematica (calcolo infinitesimale e algebra lineare)*, Ed. Zanichelli, 2000.
2. R.A. ADAMS, *Calcolo differenziale 2 (funzioni di più variabili)*, Ed. C.E.A., 2000.
3. S. SALSA & A. SQUELLATI, *Esercizi di Matematica* (Vol. II), Ed. Zanichelli, 2001.
4. S. ABENDA, S. MATARASSO & A. PARMEGGIANI, *Esercizi di Analisi Matematica* (Parte II), Ed. Progetto Leonardo, 2001.

ANALISI MATEMATICA LB **BO, cds: G, P**

Docenti: **Giovanni Dore** prof. ord. A-K
Maria Carla Tesi ric. L-Z

NUMERI COMPLESSI.

Le operazioni sui numeri complessi; forma algebrica e forma trigonometrica di un numero complesso. Radici di un numero complesso; l'esponenziale complesso.

LO SPAZIO VETTORIALE $\mathbf{R}^n$

Prodotto interno e norma in $\mathbf{R}^n$.

Cenni alle proprietà topologiche di sottoinsiemi di $\mathbf{R}^n$: punti di accumulazione, punti interni e di frontiera, insiemi chiusi e aperti; connessione per archi.

Limite di successioni in $\mathbf{R}^n$: definizione e proprietà fondamentali.

LIMITI E CONTINUITÀ PER FUNZIONI DI PIÙ VARIABILI.

Definizione di limite per funzioni scalari e vettoriali di più variabili reali. I teoremi degli zeri e di Weierstrass. Asintoti.

CALCOLO DIFFERENZIALE PER FUNZIONI DI PIÙ VARIABILI.

Derivate parziali, matrice jacobiana e differenziabilità per funzioni di più variabili reali: definizione e proprietà fondamentali. Funzioni di classe C^1; differenziale e derivata di funzioni composte. Teorema del valor medio. Derivate parziali di ordine superiore; teorema di Schwarz, matrice hessiana, formula di Taylor.

Estremanti relativi per funzioni reali di più variabili reali: definizioni, condizioni necessarie, condizioni sufficienti. Il teorema dei moltiplicatori di Lagrange.

INTEGRALE MULTIPLO.

Integrale di funzioni continue quasi-dappertutto su sottoinsiemi limitati di $\mathbf{R}^n$; proprietà dell'integrale. Insiemi misurabili e loro misura. I teoremi di riduzione e di cambiamento di coordinate.

EQUAZIONI DIFFERENZIALI.

Equazioni differenziali lineari del primo ordine: formula risolutiva. Equazioni differenziali lineari omogenee e non omogenee di ordine superiore. Risoluzione delle equazioni lineari a coefficienti costanti.

Equazioni a variabili separabili.

SERIE NUMERICHE

Serie in **R**, convergenza, assoluta convergenza. Serie geometrica e serie armonica generalizzata. Criteri di convergenza per serie a termini non negativi; criterio di Leibniz.

Testi consigliati:

M. BRAMANTI - C.D. PAGANI - S. SALSA, *Matematica*, Ed. Zanichelli.
S. SALSA - A. SQUELLATI, *Esercizi di matematica*, vol. 2, Ed. Zanichelli.

ANALISI MATEMATICA LB **BO, cds: Q, R, V**

Docente: **Giovanna Citti** prof. straord.

Gli oggetti del calcolo infinitesimale in più variabili. Funzioni reali di più variabili. Funzioni di variabile reale a valori vettoriali. Funzioni di più variabili a valori vettoriali: campi vettoriali, superfici in forma parametrica, trasformazioni di coordinate Limiti e continuità in più variabili: definizioni e proprietà

Calcolo differenziale per le funzioni reali di più variabili Topologia e funzioni continue: definizioni fondamentali. di insiemi aperti, chiusi, limitati. Proprietà topologiche delle funzioni continue: teoremi di Weiestrass e degli zeri. Derivata parziale, piano tangente, differenziale: definizioni e teorema che lega le funzioni di classe C1 a quelle differenziabili. Regole per il calcolo delle derivate: derivata della somma, del prodotto e della composizione. Derivate successive. ormula di Taylor al secondo ordine. Massimi, minimi liberi e punti critici: definizioni, e teorema di Fermat. Forme quadratiche. Studio della natura dei punti critici. Metodo dei moltiplicatori di agrange.

Calcolo infinitesimale per le curve Arco di curva continua e regolare. Lunghezza di una curva. Integrale di linea di prima specie. Integrale di linea di seconda specie.

Calcolo differenziale per funzioni di più variabili a valori vettoriali: Matrici Jacobiane. Campi vettoriali: campi conservativi e potenziali. Campi chiusi, aperti semplicemente connessi. Condizioni affinché un campo sia conservativo. Lavoro di un campo vettoriale. Lavoro di un campo onservativo e differenza di potenziale.

Calcolo integrale per funzioni di più variabili Integrali doppi: definizione. Insiemi semplici e insiemi regolari. Calcolo degli integrali come integrali iterati. Trasformazioni regolari di coordinate. Cambiamento di variabile negli integrali doppi.Integrali tripli.

Equazioni differenziali Equazioni del primo ordine. Problema di Cauchy. Equazioni a variabili separabili. Equazioni lineari del primo ordine. Equazioni lineari del secondo ordine. Integrale generale. Equazioni omogenee, equazioni non omogenee.

Testo adottato:

BRAMANTI PAGANI SALSA, *Matematica, calcolo infinitesimale e algebra lineare*, Zanichelli, Bologna.

ANALISI MATEMATICA LB

Docenti: **Enrico Obrecht** prof. ord. — **BO, cds: M (A-L), E, T**
Nicola Arcozzi ric. — **BO, cds: M (M-Z), N**

INTEGRALE GENERALIZZATO IN R E SERIE NUMERICHE.

Definizione di integrale generalizzato, assoluta integrabilità in senso generalizzato, criteri di confronto. Serie numeriche reali e complesse, convergenza e assoluta convergenza di una serie, criteri di assoluta convergenza per le serie, criterio di Leibniz, criterio integrale.

LIMITI, CONTINUITÀ E CALCOLO DIFFERENZIALE PER FUNZIONI DI PIÙ VARIABILI.

Funzioni reali e vettoriali di più variabili reali: generalità. Definizione di funzione continua e di limite. I teoremi di Weierstrass e dei valori intermedi per funzioni di più variabili. Le funzioni di classe $C^{(1)}$ e la differenziabilità. Matrice jacobiana. Il teorema sulla differenziabiltà di una funzione composta. Derivate parziali di ordine superiore. Estremanti relativi per funzioni reali di più variabili reali: definizioni, condizioni necessarie, condizioni sufficienti.

INTEGRALE MULTIPLO.

Definizione di integrale doppio per funzioni continue definite su di un rettangolo compatto. Proprietà dell'integrale doppio. Estensione al caso di domini più generali. I teoremi di riduzione su rettangoli e su insiemi semplici e di cambiamento di variabile. Integrali tripli: estensione delle definizioni e dei teoremi sugli integrali doppi.

EQUAZIONI DIFFERENZIALI.

Equazioni differenziali lineari omogenee e non omogenee del primo e del secondo ordine. L'integrale generale di un'equazione lineare. Il caso delle equazioni a coefficienti costanti. Un esempio di equazioni differenziali non lineari: le equazioni a variabili separabili.

INTEGRALI CURVILINEI.

Curve nel piano e nello spazio. Integrale di una funzione su di una curva. Integrale di un campo vettoriale su di una curva orientata. Campi vettoriali conservativi.

Testi consigliati

M. BRAMANTI – C.D. PAGANI – S. SALSA, *Matematica*, Zanichelli.
S. SALSA – A. SQUELLATI, *Esercizi di matematica*, Vol. 2, Zanichelli.

ANALISI MATEMATICA LB — **CE, cds: dud**

Docente: **Costante Pontini** ric.

Derivazione. Derivata di funzione vettoriale di variabile scalare (velocità). Derivate direzionali e parziali di funzioni scalari di più variabili (significato del gradiente) e a valori vettoriali (Matrice di Jacobi). Rappresentazione parametrica e cartesiana delle figure nello spazio. Linearizzazione. Spazi tangenti, affini tangenti, normali e affini normali in un punto ad una figura. Passaggio da una forma di rappresentazione ad un'altra. Derivate seconde. Invertibilità dell'ordine

di derivazione e matrice di Hesse.

Estremanti. Massimi e minimi liberi. Massimi e minimi vincolati nel caso implicito (metodo dei moltiplicatori di Lagrange) e in quello parametrico (metodo dei minimi quadrati).

Equazioni differenziali lineari. Equazioni lineari omogenee e complete del primo ordine (eq. di Bernoulli come conseguenza) e lineari di ogni ordine a coefficienti costanti. Confronto del caso oscillatorio (fenomeno della risonanza come conseguenza) con quello dello smorzamento forte.

Equazioni differenziali in generale. Approccio geometrico. Equazioni a variabili separabili (eq. omogenee come conseguenza). Le soluzioni di inviluppo (le equazioni di Clairaut come esempio). L'accelerazione di posizione (eq. di Newton).

Integrali multipli. Misura. Somme integrali. Integrale. Misure prodotto. Teorema di riduzione. Cambio di variabile: lo jacobiano come coefficiente di distorsione. Integrazione, su aree piane, in coordinate polari e, su solidi, in cilindriche e polari nello spazio.

Integrali d'arco e di superficie. La lunghezza delle curve e l'area delle superfici. Il coefficiente di distorsione e le notazioni di Monge. L'integrazione parametrica su archi e superfici.

Integrali di campo. Campi vettoriali. Forme differenziali, differenziali esatte e potenziale. L'integrale curvilineo (integral lavoro). Il flusso. Teorema della divergenza (di Gauss).

ANALISI MATEMATICA LB **BO, cds: C**
Docente: **Pier Luigi Papini** prof. ord.

Successioni e serie di funzioni.
Funzioni di due o più variabili (differenziali, massimi e minimi).
Equazioni differenziali.
Curve, integrali curvilinei e forme differenziali.
Integrali doppi e tripli.
Superfici.

L'esame consta di una prova scritta, cui segue una breve discussione orale.

ANALISI MATEMATICA LB **BO, cds: L**
Docente: **Silvano Matarasso** prof. ord.

- Curve: parametrizzazioni equivalenti, vettore tangente, lunghezza, ascissa curvilinea, curvatura.
- Funzioni di più variabili: matrice jacobiana, differenziabilità, massimi e minimi locali, funzioni implicite, superfici parametriche, curve e superfici in forma implicita, varietà ed estremi condizionati.
- Serie numeriche: serie geometrica, serie armonica, assoluta convergenza, criteri di convergenza.
- Serie e successioni di funzioni: uniforme convergenza, formule di Taylor, sviluppabilità in serie di Taylor, serie di potenze.
- Integrali curvilinei: integrale curvilineo di una funzione scalare, massa e baricentro di un filo, integrale curvilineo di un campo vettoriale, lavoro, campi vettoriali conservativi, potenziale,

ricerca del potenziale.

- Misura e integrazione per funzioni di più variabili: misura di Peano, misura del sottografico, integrale multiplo, riduzione degli integrali doppi e tripli, cambiamento di variabili.
- Misura e integrale di Lebesgue: il teorema di convergenza dominata.

Bibliografia:

S. ABENDA-S. MATARASSO, *Analisi Matematica*, Editore Progetto Leonardo (Bologna).
S. ABENDA-S. MATARASSO-A. PARMEGGIANI, *Esercizi di Analisi Matematica*, (II Parte), Editore Progetto Leonardo (Bologna).

ANALISI MATEMATICA LB **BO, cds: I (A-F), U**

Docente: **Simonetta Abenda** ric.

Programma:

Equazioni differenziali lineari del secondo ordine a coefficienti costanti; problema di Cauchy e problema ai limiti, il metodo per simpatia e il metodo di Lagrange.

Serie numeriche; serie di potenze e funzioni elementari in campo complesso, serie di Fourier.

Differenziabilità: funzioni di una variabile reale a valori in R^n; curve regolari e loro geometria.

Funzioni a valori reali definite in sottoinsiemi di R^n: il gradiente è ortogonale agli insiemi di livello, massimi e minimi liberi;

Funzioni a valori in R^m, definite in sottoinsiemi di R^n: matrice Jacobiana, superfici regolari e loro geometria.

Estremi condizionati.

Riduzione e cambiamento di variabile negli integrali multipli.

Integrazione su varietà: integrale curvilineo di una funzione scalare, lavoro di un campo vettoriale, integrale superficiale.

Testi consigliati:

S. ABENDA, S. MATERASSO, *Analisi matematica*, Progetto Leonardo (Esculapio, Bologna 2000).
S. ABENDA, S. MATERASSO, A. PARMEGGIANI, *Esercizi di Analisi Matematica II parte*, Progetto Leonardo (Esculapio, Bologna 2001).

ANALISI MATEMATICA LC **BO, cds: T**

Docente: **Enrico Obrecht** prof. ord.

FUNZIONI DI UNA VARIABILE COMPLESSA

Definizione di funzione olomorfa, esempi di funzioni olomorfe. Curve piane regolari e regolari a tratti, integrale di una funzione olomorfa su di una curva. Teorema di Cauchy. Serie di funzioni: convergenza puntuale, uniforme, totale. Continuità e derivabilità della somma di una serie di funzioni. Serie di potenze. Analiticità delle funzioni olomorfe. Punti singolari isolati di una funzione olomorfa, residui, serie di Laurent, Teorema dei residui. Applicazioni del Teorema dei residui al calcolo di integrali.

TRÀSFORMATA DI LAPLACE

Definizione di trasformata di Laplace. Proprietà della trasformata di Laplace. Esempi di trasformate di Laplace. Inversione della trasformata di Laplace. Applicazione a equazioni e sistemi differenziali ordinari.

SPAZI FUNZIONALI E INTEGRALE DI LEBESGUE.

Spazi normati e con prodotto scalare. La completezza: spazi di Banach e di Hilbert. Esempi: spazi di successioni. Il Teorema della proiezione ortogonale. Cenni sull'integrale di Lebesgue. I Teoremi di passaggio al limite sotto al segno di integrale di Lebesgue. Il Teorema di Fubini. Esempi di spazi funzionali: L^2 e L^1. Sistemi ortogonali, la disuguaglianza di Bessel.

SERIE DI FOURIER.

Coefficienti di Fourier di una funzione periodica: forma reale e forma complessa. Legami tra la convergenza a zero dei coefficienti di Fourier e la regolarità della funzione. Serie di Fourier: convergenza puntuale, uniforme, in media quadratica.

TRASFORMATA DI FOURIER

Definizione di trasformata di Fourier di una funzione sommabile. Proprietà della trasformata di Fourier. Esempi di trasformate di Fourier. Trasformata di Fourier delle funzioni di L2. Antitrasformata di Fourier. Il Teorema di Shannon.

Testi consigliati

G.C. BAROZZI, *Matematica per l'ingegneria dell'informazione*, Zanichelli.

ANALISI MATEMATICA LC

BO, cds: L, I

Docente: **Silvano Matarasso** prof. ord.

Funzioni analitiche

Forma polare dei numeri complessi, potenze e radici complesse, funzioni complesse di variabile complessa, funzioni analitiche, condizioni di Cauchy-Riemann, serie di Taylor e serie di potenze, funzioni elementari in campo complesso, punti di diramazione di funzioni polidrome, sviluppabilità in un disco, zeri e singolarità isolate, residuo in una singolarità isolata, integrale delle funzioni complesse, sviluppabilità in un anello; curve omologhe, integrale di una funzione analitica su curve omologhe. Teorema sui residui e sue applicazioni. Lemmi di Jordan.

Trasformata di Laplace

Trasformata unilatera, analiticità della trasformata, trasformata della derivata, metodi di antitrasformazione. Ricostruzione del segnale a partire dalla sua trasformata. Applicazione alla risoluzione di sistemi differenziali a coefficienti costanti.

Serie di Fourier

Spazi vettoriali euclidei di dimensione non finita; sistemi ortogonali, metodo di ortogonalizzazione di Hilbert-Schmidt, migliore approssimazione di un elemento rispetto agli elementi di un sottospazio di dimensione finita, diseguaglianza di Bessel, eguaglianza di Parseval, basi ortogonali; serie di Fourier di un elemento rispetto ad una base ortogonale. Lo spazio $L^2(]-\pi,\pi[)$ e la base trigonometrica: ogni elemento è somma, in media quadratica, della sua serie di Fourier. Il teorema sulla convergenza puntuale delle serie di Fourier. Proprietà delle serie di Fourier.

Trasformata di Fourier

Estensione a funzioni non periodiche e sommabili su R, della sviluppabilità in serie di Fourier; formula integrale di Fourier. Proprietà della trasformata di Fourier; ricostruzione della funzione a partire dalla sua trasformata. Derivata delle funzioni discontinue. Distribuzioni e derivazione. Approssimazione della distribuzione δ di Dirac, con successioni di funzioni. Distribuzioni temperate. Trasformata di Fourier delle distribuzioni temperate.

Metodi risolutivi per l'equazione del calore unidimensionale.

Autovalori ed autofunzioni per il problema di Sturm-Liouville. Metodo della separazione delle variabili per l'equazione del calore in una dimensione: caso della sbarra finita (equazione omogenea con condizioni agli estremi omogenee, equazione non omogenea, condizioni agli estremi dipendenti dal tempo; caso della retta (equazione omogenea, equazione non omogenea), caso della semiretta (condizione omogenea all'estremo, condizione all'estremo dipendente dal tempo).

Bibliografia:

S. ABENDA-S. MATARASSO-M.C. TESI, *Metodi Matematici*, Esculapio Editore - Bologna.
M. BRAMANTI, *Esercitazioni di Analisi 3*, CUSL, Milano.
M.R. SPIEGEL, *Trasformate di Laplace*, McGraw-Hill, Milano.

ANALISI MATEMATICA LD **BO, cds: T**

Docente: **Giulio Cesare Barozzi** prof. ord.

Richiami sulla trasformata di Fourier. La FT nello spazio delle funzioni di quadrato sommabile. Legame tra FT e serie di Fourier.

Distribuzioni

Il concetto di distribuzione. Operazioni sulle distribuzioni. Distribuzioni temperate. Distribuzioni periodiche. La FT nello spazio delle distribuzioni temperate

Problemi ai limiti unidimensionali.

Problemi di Sturm-Liouville; la funzione di Green, rappresentazione della soluzione del problema non omogeneo.

Basi di autosoluzioni di equazioni differenziali.

Metodi di soluzione per serie per le equazioni differenziali; equazione di Legendre, Laguerre, Hermite e relativi polinomi.

Problemi al contorno per equazioni alle derivate parziali in domini particolari, utilizzazione del metodo di separazione delle variabili.

Equazione di Bessel; proprietà delle funzioni di Bessel.

Testi consigliati:

G.C. BAROZZI, *Matematica per l'Ingegneria dell'Informazione*, Zanichelli (Bologna).
V.S. VLADIMIROV, *Equations of mathematical Physics*, Marcel Dekker (New York).

ANALISI MATEMATICA LD

BO, cds: L

Docente: **Silvano Matarasso** prof. ord.

Operatori lineari, autovalori, problemi al contorno

Spazi vettoriali normati (s.v.n.) e proprietà di completezza. Spazi di Hilbert, sistemi ortonormali completi. Funzionali lineari continui su spazi v.n., limitatezza e continuità, norma di un funzionale e spazio duale, il duale di uno spazio di Hilbert. Operatori lineari continui tra s.v.n., limitatezza e continuità, norma, operatori integrali. Operatori non limitati, autovalori ed autofunzioni, operatori hermitiani tra spazi di Hilbert, il caso dell'operatore di Sturm e degli operatori integrali, caratterizzazione degli operatori hermitiani mediante la forma bilineare associata, proprietà degli autovalori ed autofunzioni; problema misto per l'equazione di Poisson: l'operatore associato è hermitiano, completezza in L^2 del sistema delle autofunzioni, proprietà variazionali degli autovalori.

Problemi ai limiti unidimensionali

Problemi di Sturm-Liouville, la funzione di Green del problema omogeneo, rappresentazione, in condizioni di unicità, della soluzione nel caso non omogeneo, proprietà degli autovalori e delle autofunzioni, mediante il teorema dell'alternativa.

Basi di autosoluzioni di equazioni differenziali

Metodo di risoluzione per serie per le equazioni differenziali. Equazioni di Legendre, Laguerre, Hermite e relativi polinomi. Equazioni differenziali con coefficienti singolari: metodo di Frobenius ed equazione di Bessel; proprietà delle funzioni di Bessel.

Funzioni armoniche

Formula di Green, proprietà di media, principio di massimo. Il problema della elettrostatica, formula risolutiva nel cerchio, del problema classico di Dirichlet, relativo all'equazione di Poisson, mediante la funzione di Green. Il metodo della separazione delle variabili, utilizzando lo sviluppo di Fourier del dato al bordo, per la risoluzione dei problemi al contorno per funzioni armoniche nel cerchio, semicerchio, corona; risoluzione del problema di Dirichlet, nel rettangolo e nel semipiano.

Distribuzioni

Distribuzioni di cariche puntuali o distribuite su superfici, funzione generalizzata _ di Dirac. Spazio delle funzioni test e convergenza, spazio duale (distribuzioni) e convergenza (debole); la distribuzione valor principale, supporto di una distribuzione. Derivazione delle distribuzioni: dipolo magnetico di momento q e doppio strato; derivata distribuzionale di una funzione di classe C^1 a tratti, non necessariamente continua.

Bibliografia

V.S. VLADIMIROV, *Equations of Mathematical Physics*, Marcel Dekker, New York.

ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI

BO, cds: M

Docente: **Alessandro Freddi** prof. ord.

L'Insegnamento si propone di fornire strumenti di tipo sperimentale per la progettazione meccanica di componenti e di sistemi. A questo fine il Corso è articolato nel modo seguente:

– Richiami di meccanica dei materiali:
– Effetto della distribuzione delle tensioni e delle deformazioni sul comportamento degli organi
– Effetto delle tensioni variabili ciclicamente e misura dei parametri di fatica
– Effetto della presenza di difetti negli organi
– Principali tecniche sperimentali di analisi delle tensioni:
a) metodi di ottica coerente,
b) estensimetria,
c) lacche fragili.
– La misura delle tensioni residue.
– Contributo della Analisi sperimentale delle tensioni alla qualità di sistemi:
– La progettazione dell'esperimento.
– Le prove accelerate.
– Richiami di analisi dimensionale.
– Cenni sui controlli non distruttivi.

Per seguire l'Insegnamento sono necessarie conoscenze di Scienza delle costruzioni, Costruzione di macchine e Misure meccaniche.

Testi consigliati:

Dispense dell'insegnamento.
ROSS P.J., *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, Mc-Graw-Hill, New York, 1988.
BARKER T.B., *Quality by Experimental Design*, Marcel Dekker, N.Y., 1985.

ANALISI STRUMENTALE E CONTROLLO DEI MATERIALI — BO, cds: R

Docente: **Giorgio Timellini** prof. straord.

Finalità del Corso

Il Corso si propone di impartire le conoscenze fondamentali nel campo dei controlli dei materiali, sensibilizzando gli allievi sugli obiettivi dei controlli, nel quadro più generale della gestione della qualità aziendale e della qualità dell'ambiente, nonché sulle principali problematiche inerenti alle strumentazioni, ai criteri di campionamento, all'elaborazione dei dati.

Programma

Elementi di metrologia e analisi strumentale
– Introduzione alle misure.
– Le unità di misura.
– Aspetti generali delle misure di grandezze e sugli strumenti di misura.
– Gli errori di misura. Cenni sulla teoria degli errori
– La riferibilità delle misure. La taratura: procedure e metodi.

Norme e leggi sul controllo dei materiali
– gli obiettivi del controllo dei materiali, nel quadro di:
– gestione e certificazione della qualità aziendale (prodotto, sistema, ambiente)
– valutazioni di impatto ambientale
– aspetti generali su enti di normazione, struttura ed organizzazione delle norme sui materiali e sui sistemi di gestione della qualità, applicazione delle norme;

– analisi esemplificativa, sotto il profilo normativo, di alcune categorie di materiali per l'ingegneria e di effluenti inquinanti.

Il controllo dei materiali

– analisi critica, dal punto di vista metrologico, di metodi di controllo e misura delle caratteristiche dei materiali. Esempi: analisi granulometrica, misure di viscosità, analisi porosimetrica, misura delle caratteristiche meccaniche dei materiali ceramici e metallici, misura delle caratteristiche di resistenza chimica, caratterizzazione di effluenti gassosi.

Testi consigliati:

D.A. SKOOG, J.J. LEARY - *Chimica analitica strumentale* - EdiSES, Napoli (1995) (per consultazione).
Documentazione distribuita dal docente.

ARCHITETTURE DIGITALI PER LA ELABORAZIONE DEL SEGNALE LS

BO, cds: E

Docente: **Roberto Guerrieri** prof. straord.

Il corso studia le architetture digitali più in uso per la elaborazione del segnale. Partendo dallo studio di alcuni significativi algoritmi di elaborazione del segnale audio e video, si desumono le specifiche che debbono essere soddisfatte da architetture hardware par la elaborazione del segnale. La analisi delle architetture più in uso, seriali e parallele, viene portato avanti osservando la stretta correlazione tra specifiche algoritmiche ed architetturali nell'ambito di questa classe di macchine.

Elementi del modulo

1) Analisi di algoritmi significativi nel campo della elaborazione del segnale video ed audio. Studio del costo computazionale associato.

2) Architetture per la elaborazione del segnale basate su DSP, microprocessori e ASIC: analisi di alcuni esempi significativi.

3) Estrazione del parallelismo da algoritmi per la elaborazione del segnale.

4) Mappatura di algoritmi paralleli su hardware.

5) Impatto della lunghezza di parola sulla implementazione di algoritmi per la elaborazione del segnale.

6) Progettazione di sistemi digitali per la elaborazione del segnale a bassa dissipazione di potenza.

Esercitazioni

Programmazione di DSP.
Programmazione di macchine vettoriali per la elaborazione del segnale.

Testi consigliati

K. K. PARHI, *VLSI Digital Signal Processing Systems*, Wiley, 1999.
Materiale distribuito dal docente

ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA I **BO, cds: D**
Docente: **Luisella Gelsomino** prof. ass.

Il corso è finalizzato a far acquisire agli allievi gli elementi essenziali della progettazione architettonica, sia attraverso l'analisi critica dei principi teorici della qualità architettonica e urbana, sia fornendo alcuni aspetti conoscitivi essenziali di introduzione al progetto. Viene inoltre fornita l'occasione, attraverso l'illustrazione di casi di studio, visite ad interventi realizzati, applicazione pratica, nelle esercitazioni e nel laboratorio connesso al corso, delle tematiche sviluppate dalle lezioni, di avviare l'allenamento al fare progettuale secondo un taglio professionale coerente con le competenze richieste oggi ad un progettista dell'architettura. Per questo primo approccio progettuale si propone allo studente di affrontare i temi dell'edilizia residenziale.

Argomenti delle lezioni

1. **PRINCIPI E CRITERI DI PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA**
   - **1.1.** Il progetto come trasformazione.
   - **1.2.** Il concetto di spazio architettonico. Percezione e fruizione.
   - **1.3.** Architettura e contesto urbano. Lettura progettuale dell'ambiente costruito. Le linee di struttura. Le preesistenze come risorse.
   - **1.4.** Figuratività dell'ambiente urbano e dell'architettura.
   - **1.3.** I principi di qualità in edilizia: qualità del progetto e qualità del costruito.
2. **LE SCALE DI INTERVENTO**
   - **2.1.** Definizione delle fasi del progetto.
   - **2.2.** Problemi e scelte progettuali in ordine alla scala di intervento:
     - **a.** Unità insediativa
     - **b.** Organismo edilizio
     - **c.** Cellula elementare.
   - **2.3.** Qualità del progetto: metodi e fattori. Tecniche di controllo e autovalutazione
   - **2.4.** Le variabili della progettazione architettonica.
3. **LA TIPOLOGIA COME METODO DI PREFIGURAZIONE PROGETTUALE**
   - **3.1.** I criteri di riduzione tipologica.
   - **3.2.** Rapporti fra tipo edilizio e morfologia urbana.
   - **3.3.** Il modello tipologico.
   - **3.4.** Le logiche aggregative.
4. **METODI, STRUMENTI E REGOLE DELLA PROGETTAZIONE**
   - **4.1.** Definizione di attività, comportamenti, requisiti e prestazioni. Le esigenze dei fruitori: tecniche di comunicazione e di rappresentazione.
   - **4.2.** Requisiti dell'edilizia residenziale in relazione ad utenze specifiche: anziani, studenti, giovani coppie, disabili, bambini.
   - **4.3.** Tecniche di organizzazione delle informazioni al progetto.
   - **4.4.** Tecniche e procedimenti per il progetto di nuova edilizia e del recupero delle preesistenze.
   - **4.5.** Norme e regolamenti.
   - **4.6.** Principi di dimensionamento e di modulazione, maglie e reticoli.
5. **"INGREDIENTI DELLO SPAZIO ARCHITETTONICO": POETICA E TECNOLOGIA**
   - **5.1.** La forma dello spazio. Composizione di pieni e vuoti.
   - **5.2.** Percorrenza e percezione. Cenni sulla psicologia della forma.
   - **5.3.** Tecniche costruttive e concezione dello spazio architettonico.

5.4. Criteri per la scelta dei materiali costruttivi.
5.5. La luce nella costruzione dello spazio architettonico.
5.6. Il colore. Principi di utilizzo delle qualità cromatiche dei materiali e delle tinte.

Esercitazioni
Con elaborati di gruppo e individuali verrà sviluppato un progetto di edilizia residenziale.

ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA II **BO, cds: D, C**
Docente: **Franco Zerbini** ric.

Tema
Progetto di architettura per la città storica.

Contenuto
L'Insegnamento si propone come obbiettivo un progetto di architettura. Tale progetto, coincidendo con la fase finale del corso di laurea, si pone come uno dei momenti conclusivi del percorso universitario.

L'insegnamento riporta il progetto allo studio della città e del territorio considerando tale studio non come astratta applicazione disciplinare ma come fondamento degli studi di progettazione.

L'insegnamento rifiuta ogni angusta delimitazione, teorica e tecnica, al progetto anche se indica nella tecnica del disegno la via più diretta alla sua definizione.

Tenendo conto che oggi l'Università, per le sue note caratteristiche, deve preparare un tecnica capace di rispondere alle numerose questioni poste nel nostro paese, e particolarmente alla committenza pubblica, il progetto si propone, con obbiettivi precisi e delimitati, come un prodotto comprensibile, partecipe alla realtà con cui si confronta.

Per meglio collocarlo in questa realtà l'insegnamento indica come campo di applicazione il territorio emiliano, come sede naturale dell'università e di molti studenti, ed in particolare l'area del centro storico, a cui verrà dedicata particolare attenzione.

La scelta preferenziale è legata alla residenza e all'edificio pubblico nellasua più vasta accezione anche se non si escludono altri temi, purché non presentino caratteristiche di eccessiva specializzazione.

L'insegnamento cercherà di giungere rapidamente all'impostazione dei singoli progetti poiché si ritiene utile, ai fini della formazione dell'ingegnere, che ognuno si impegni direttamente e possa riportare la proprie esperienza ad un lavoro che sta elaborando.

La problematica dell'insegnamento si accentuerà in modo particolare sullo studio della città antica e cercherà di formulare una corretta impostazione per la progettazione di un edificio all'interno di una struttura urbana consolidataquale quella del centro storico della città.

Verranno effettuate durante l'insegnamento numerose esercitazioni per portare gli studenti ad una maggiore sintesi e capacità di comprendere i problemi tipologici e strutturali dell'architettura.

Le esercitazioni si svolgeranno attraverso extempore che gli studenti dovranno svolgere per affinare la loro capacità di rappresentazione e lettura del progetto architettonico.

L'insegnamento si svolgerà con serie di lezioni tenute non solo dal titolare della cattedra ma dal corpo docente e da una serie di comunicazioni di personalità del mondo dell'architettura non solo italiana ma anche internazionale. Questo ciclo di comunicazioni e lezioni "esterne" daranno un'importante contributo al perseguimnto dell'obbiettivo principale dell'insegnamento che consisterà nel dare agli studenti la capacità critica di leggere il progetto di architettura. Per questa ra-

gione le personalità invitate saranno portatrici di diverse tendenze del mondo dell'architettura. Periodicamente si svolgeranno delle attività seminariali dove si valuteranno e si discuteranno collettivamente i diversi contributi. Momento fondamentale per l'acquisizione e la conoscenza dei problemi dell'architettura sarà la possibilità di organizzare alla fine dell'insegnamento dei viaggi di studio nelle capitali europeedove poter analizzare le esperienze realizzate dai grandi architetti protagonisti della storia dell'architettura, nella costruzione della città.

Organizzazione

Per coloro che intendono sostenere l'esame di "Architettura e Composizione Architettonica", l'insegnamento prevede, in tempi alternati rispetto alle lezioni ed alle comunicazioni, un'analisi e discussione dei progetti elaborati dallo studente durantel'insegnamento delle esercitazioni previste, le quali sono da ritenere gli "elementi fondativi" della sua formazione indipendentemente dal giudizio di valore e come elementi concreti di discussione.

L'Insegnamento verterà sulla discussione e sulla critica dei progetti ritenuti interessanti, di libri e prodotti della vita culturale che possano chiarire gli aspetti più specifici della progettazione.

Lo studente dovrà impostare e svolgere un progetto di un edificio con il quale sostenere un esame.

L'Insegnamento dovrà produrre il materiale di base per la scelta e la discussione dei temi di progettazione delle aree prescelte.

Testi consigliati:

A. Rossi, *L'architettura delle città*, Club Milano.
A. Loos, *Parole nel vuoto*, Adelphi Milano.
L. Quaroni, *Progettare un edificio*, Gangemi Milano.
Altri testi verranno consigliati durantel'insegnamento.

La verifica del grado di conoscenza dei testi consigliati verrà valutata con test periodici di ammissione alle fasi successive delle esercitazioni. Le lezioni e le esercitazioni richiederanno la presenza obbligatoria, condizione necessaria perl'ammissione all'esame finale.

Esame: scritto e orale.

ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA III **BO, cds: D**
Docente: **Giorgio Praderio** prof. ass.

I corsi di **ACAII** (v.o.) e di **AR.CA III** (n.o.), in questo anno accademico di transizione, sono equivalenti e quindi, tra vecchio e nuovo ordinamento, orari e aule sono gli stessi del passato, nonché identico è il coordinamento con il Laboratorio di Progettazione (LAB.PRO), ora sdoppiato: arch. Claudio Zanirato (primo laboratorio a-k) e ing. PierLuigi Angiolini (tutor; secondo laboratorio l-z).

Il corso **ACAII - AR.CA III,** di *completamento alla formazione del progettista*, è estensivo e comprende *lezioni* di carattere seminariale (60 ore), *esercitazioni* sul tema annuale di progetto (60 ore) e *laboratorio di progettazione* di integrazione e supporto (60 ore). I tre momenti didattici sono tra loro coordinati culturalmente e integrati dai comuni temi di progetto. Il corso ha altresì lo scopo di sviluppare e completare al V anno l'apprendimento dello studente al *progetto architettonico per i luoghi urbani e lo spazio abitato dall'uomo, con particolare riferimento alla pratica professionale.*

Il programma richiama pertanto i fondamenti disciplinari della *progettazione architettonica* che dagli assunti teorici (ripresi rispetto ai preliminari posti dai corsi precedenti) sfociano ai possibili approcci risolutivi dei problemi abitativi e urbani, in un quadro di respiro regionale ed europeo.

Si riprendono le radici storiche dei luoghi, si indagano opere contestualizzate, ci si apre al futuro (innovazioni); si considera infine la complessità operativa e organizzativa del moderno processo decisionale e ci si avvale di *linguaggi espressivi* adottabili, purché non slegati dalle ragioni di fondo che motivano e giustificano le scelte.

Nelle *esercitazioni del corso* il progetto architettonico va redatto avendo come riferimento *il Progetto Definitivo (l.109/99)*, per l'ottenimento della concessione edilizia attraverso interventi urbani diretti, o indiretti se attuati con piani particolareggiati o programmi di recupero urbano.

Nel *laboratorio di progettazione* si predisporranno i supporti necessari all'esperienza di progetto e la manualità necessaria (seminari conoscitivi, plastici di lavoro, sopralluoghi e visite di studio sul campo, schizzi ideativi, schede informative, opzioni progettuali, simulazioni ambientali, accertamenti tematici, approfondimenti degli interni, dettagli).

Saranno fornite le ragioni formali e tecniche desunte dai principi generali della disciplina, (teoria dell'architettura e teoria della progettazione), sviluppate ed esemplificate attraverso esperienze applicative, culturalmente motivate e suffragate dai maggiori progettisti dell'architettura.

Il programma approfondisce criticamente e sinteticamente i *metodi e le regole* del progetto in grado di abbracciare l'inesauribilità delle situazioni, che deve generare una *molteplicità dell'architettura contemporanea*; con la ricerca di soluzioni morfologiche adatte a consentire allo studente di definire un proprio *personale percorso formativo* ed *espressivo*. Presenta inoltre le odierne procedure decisionali e autorizzative che condizionano il progetto; esplicita il rapporto dialettico tra opere e contesto, con la loro interazione; poiché l'azione del progettista ingegnere/architetto deve agire costantemente tra aspirazioni umanistiche e artistiche e necessità funzionali e prestazionali.

Alla base del corso vi è l'assunzione che l'architettura non si esaurisce nel sistema costruttivo, con la qualità edilizia da garantire (*sistema edilizio*), perché essa deve elevarsi alla sfera delle motivazioni più ampie, alle regole – nel senso più esteso del termine – da conferire agli spazi per l'uomo, con le simbologie occorrenti e le varie risonanze culturali (*sistema architettonico*), sino alle nuove dimensioni informative e organizzative.

Il corso, nel rimandare costantemente al quadro europeo, considera il dibattito sui centri storici (il rispetto della memoria e l'intreccio tra nuova edificazione e recupero con riuso delle preesistenze, per la riqualificazione delle zone periurbane e delle trame di percorsi di vita e di luoghi intrecciati nelle città, di cui occorre indagare sembianze e spazi vitali; fornisce chiavi di letture della città per parchi e polarità, per porti urbani e attrezzature metropolitane; infine coltiva gli interessi per le innovazioni tecnologiche, i servizi al progetto, i nuovi materiali e le frontiere spaziali della virtualità e interattività.

L'*esame* di **ACAII** e **AR.CA III** si svolge dopo che lo studente avrà sostenuto i corsi progettuali propedeutici, presentando i propri elaborati individuali del progetto architettonico assegnato dal docente (su supporto cartaceo in formato A4 o A3 o su dischetto informatico); esibendo gli esiti delle previste prove scritte estemporanee e infine sostenendo la prova scritta e la successiva prova orale d'esame.

Il *tema del progetto architettonico* viene assegnato all'inizio dell'anno accademico; esso va possibilmente concluso entro lo stesso anno; in caso contrario potrà verificarsi il mutamento del tema al subentrare del successivo anno accademico.

L'accesso alle *tesi di laurea* in ACAII - AR.CA III dovrà essere discusso con il docente, per la determinazione dei casi, modalità e argomenti. È preferibile che alla tesi di laurea si acceda dopo aver frequentato i laboratori e sostenuto l'esame (ma il tema di tesi potrà essere lo sviluppo

completo del tema annuale). Saranno favorite le tesi di laurea effettuate come tirocinio professionale presso studi, uffici, aziende e società.

Bibliografia e referenze utili:

Giornale di bordo, Renzo Piano; UTET, Roma 1997.
NORMAN FOSTER: *Architettura globale*; Martin Pawley; Rizzoli, Milano 1999.
Manuale di progettazione edilizia; Hoepli, Milano 1994.
Riviste di settore e numeri monografici di riviste.
Regolamento edilizio del Comune ove si redige il tema di progetto
Saloni dell'edilizia (SAIE, CerSaie,..); Biennale di architettura in Venezia; Triennale di architettura in Milano; Mostre di architettura in genere.

ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA IV **BO, cds: D**
Docente: **Gabriele Giacobazzi** ric.

Il Corso di Architettura e Composizione Architettonica IV° si pone come completamento ed integrazione del ciclo degli insegnamenti dell'Area Compositiva che hanno un ruolo importante nel nuovo corso di studi in Ingegneria Edile / Architettura.

Il Corso, utilizzando le conoscenze che lo studente avviandosi alla conclusione del suo iter formativo, ha accumulato nelle diverse aree disciplinari, affronta il tema del progetto edile come prodotto complesso di un processo molto articolato nel quale gli elementi della creatività individuale devono costante-mente misurarsi con un multiforme sistema di esigenze interne ed esterne al processo stesso.

La convinzione di base è che si dà propriamente il progetto se l'insieme delle scelte che lo compongono che certamente radicano nel terreno delle pulsioni più profonde, può però anche essere oggetto di comunicazione e concretamente realizzato.

Se il primo elemento costitutivo del progetto è quindi derivato dalla capacità di im-ma-ginare "la realtà che non è ancora" (un edificio come un paesaggio), la possibilità/capacità di comunicarlo ne definisce la dimensione sociale.

Comunicare il progetto significa poterlo spiegare (al committente, al costruttore, agli utenti, ...); spiegarlo si può a condizione di possederne la coerenza interna, che non deriva solo dal rispetto dei contesti normativi ma, anche, nel progetto di architettura, dalla corretta navigazione tra le antinomie che inevitabilmente si presentano di fronte al progettista; riconoscibilità – omologazione; innovazione – conservazione; identità – contesto, ecc...

Il secondo carattere del progetto (la sua realizzabilità) spinge l'attenzione verso gli aspetti che la norma definisce esecutivi e sulla sua "organizzazione" tendenzialmente più complessa in funzione della maggior complessità delle esigenze da soddisfare e del maggior numero delle competenze disciplinari che concorrono a formalo.

Il Corso di Architettura e Composizione Architettonica IV affronterà nelle lezioni frontali questi aspetti teorici anche mediante costanti riferimenti a casi ed esempi concreti di progetti realizzati.

Le esercitazioni saranno organizzate attorno ad alcuni capisaldi:

INDAGINE verrà svolta percorrendo nuove strade e muovendosi liberamente all'interno dell'universo "contaminato" del quotidiano, in modo da portare ogni studente all'elaborazione di

chiavi di lettura soggettive, miranti ad individuare metodi espressivi innovativi, sia per la lettura sia per la rappre-senta-zione del tema oggetto di studio.

ARTE Arte come matericità dello spirito, come necessità di sentire, come possibilità. Arte come mestiere. Arte come progetto e cantiere. Arte come Architettura della realtà. (Alcune esperienze saranno condotte in collaborazione con il Laboratorio Didattico della Galleria d'Arte Moderna di Bologna).

STUDI non c'è progetto senza idea. Il mondo si esprime tramite relazioni complesse; la conoscenza di tali relazioni, mutuata dall'analisi, si verte in consapevolezza tramite un processo sintetico: l'ideazione.
Durante la prima fase, saranno sviluppati progetti (gli STUDI) con scadenza quindicinale, nei quali di praticherà la "prassi sintetica" che porta alla risoluzione della complessità delle cose tramite l'ideazione. Parte integrante della buona riuscita degli STUDI sarà la fase di esposizione, nella quale, ogni studente dovrà divulgare (in un tempo massimo di 300 secondi ed attraverso le tecniche che riterrà più idonee) la propria idea progettuale alla platea.

INDUSTRIA è sollecitata l'applicazione di un processo progettuale che sia di reciproca osmosi tra il mondo dell'industria (che fornisce un prodotto elaborato, frutto di procedure e know-how avanzati) ed il mondo dell'Architettura, che consenta di ottenere soluzioni elaborate senza assolutamente negare le possibilità espressive. L'Architettura oggi è un "gioco compositivo": è l'assemblaggio di semi-lavorati e sub-componenti di produzione industriale (generalmente a catalogo e certificati) dei quali, di volta in volta sono ridefinite le relazioni.

ESAME tutte le riflessioni che nasceranno durante le varie fasi di ricerca, di incontro e di workshop, verranno immediatamente "trasferite" e "trasformate" in un progetto di concorso. Tempi, ritmi e riti di un aspetto della professione che ne esalta, nel bene e nel male, la speciale magia.

ARCHITETTURA TECNICA **CE, cds: dud**
Docente: **Vittorio Degli Esposti** prof. inc.

Finalità del corso

Il corso si propone di illustrare le correlazioni tra tecnologie costruttive e caratteri ambientali, nel quadro dei rapporti fra componente tecnica nell'architettura e tipologia edilizia, e fra caratterizzazione fisica del luogo e congruità tipologica del progetto.

Programma

Criteri di applicazione di un metodo di conoscenza dell'identità del luogo costruito o in trasformazione, basato sullo studio della tipologia edilizia e architettonica secondo un'articolazione per scale di riferimento, e verifica dei metodi di lettura degli organismi edilizi.

Riscontro delle tecniche costruttive nella tradizione e della loro evoluzione nel contesto territoriale di riferimento, in relazione alle tipologie individuate.

Verifica dei criteri di adeguamento e compatibilità ambientale delle tecniche costruttive nell'intervento edilizio diretto, e linee di indirizzo progettuale nella riqualificazione ambientale

di contesti territoriali omogenei per caratteri dell'insediamento.

Illustrazione delle dinamiche evolutive del sistema normativo alla scala edilizio-architettonica (Piani di Recupero Integrati, Programmi di Riqualificazione urbana, Programmi di intervento, ecc.) e recenti esperienze innovative nel settore.

ARCHITETTURA TECNICA **BO, cds: C**

Docente **Giovanni Mochi** prof. inc.

Finalità del corso:

Il corso è indirizzato all'analisi del rapporto tra Architettura e Costruzione ed allo studio delle problematiche connesse con la progettazione e la realizzazione degli organismi edilizi. Nel corso verranno quindi affrontati i criteri attraverso cui tale rapporto può strutturare una metodologia operativa in termini sia di progettazione, sia di valutazione della fattibilità costruttiva.

Modalità di svolgimento del corso:

Il corso prevede lezioni sui contenuti sotto esposti e seminari su argomenti attinenti alla materia. Parallelamente alle lezioni ed ai seminari il corso prevede delle esercitazioni aventi per tema la progettazione di un edificio residenziale, con particolare riferimento all'apparecchiatura costruttiva.

Contenuti del corso:

Problematica generale:

1. L'unitarietà del fenomeno architettonico e la necessità di una sua analisi in termini costruttivi e, più generalmente, edilizi: la scomposizione critica dell'organismo architettonico
2. Il processo edilizio: figure, fasi e sistema normativo;
3. Il sistema edilizio nella scomposizione dettata dalla UNI 7867: sistema ambientale e sistema tecnologico.

Evoluzione del concetto di sicurezza degli edifici in rapporto alla storia della costruzione: dalle regole dell'arte alla comparsa della Scienza delle Costruzioni

1. Sistema gravitativo e sistema coesivo;
2. Costruzione e struttura;
3. Dalla Meccanica all'Elasticità;
4. Le sollecitazioni semplici: l'equilibrio elastico e la sua influenza nel settore delle costruzioni

Principi statici e procedimenti costruttivi

1. Il principio del trilite;
2. Il principio dell'arco;
3. Il principio del telaio;
4. Il principio del triangolo indeformabile;
5. Dal principio statico all'edificio. Il rapporto tra sicurezza statica e sistemi costruttivi:

5.1 il sistema pesante

5.2 il sistema spingente

5.3 il sistema intelaiato

I materiali da costruzione

1. Il legno;
2. La pietra;
3. Il laterizio; realizzazione di murature portanti e non portanti
4. I metalli;
5. I leganti: calci, gesso, cemento;
6. Il conglomerato cementizio semplice ed armato.

Edifici intelaiati con scheletro in acciaio ed in conglomerato cementizio armato

1. I profili in acciaio;
2. I collegamenti chiodati, bullonati e saldati;
3. Elementi di fabbrica in acciaio;
4. Schemi di telaio a pilastro passante ed a trave passante;
5. Le armature metalliche nel c.c.a.;
6. La messa in opera del c.c.a.: le cassaforme ed il disarmo.

Fondazioni dirette ed indirette

1. I principi di funzionamento e la determinazione del carico ammissibile;
2. Fondazioni dirette per organismi a setti portanti: le fondazioni a sacco, a riseghe ed a zattera;
3. Fondazioni dirette per organismi a scheletro portante o ad appoggi discontinui in muratura: il plinto inerte o snello, la trave rovescia, la platea, la fondazione ad archi rovesci;
4. Fondazioni indirette: meccanismi di funzionamento;
5. Fondazioni indirette a pali infissi;
6. Fondazioni indirette a pali gettati senza asportazione di terreno;
7. Fondazioni indirette a pali gettati con asportazione di terreno.

Le chiusure orizzontali piane, piane-inclinate e curve

1. I solai ad impalcato autoportante e ad ordito;
2. I solai in legno;
3. I solai in conglomerato cementizio e laterizio;
4. I solai in acciaio;
5. Le volte: descrizione geometrica, modalità costruttive e comportamento statico;
6. Le coperture piane – inclinate: definizioni e terminologia;
7. Problematiche geometriche, costruttive e prestazionali nelle coperture;
8. Le coperture ad ordito ligneo.

Gli elementi di collegamento verticale: le scale

1. Terminologia, dimensionamenti e tipologie;
2. La problematica degli sfalsamenti nella definizione delle rampe;
3. Schemi di funzionamento strutturale.

Modalità d'esame:

L'esame prevede l'esposizione del progetto svolto e una discussione sugli argomenti trattati nelle lezioni e nei seminari. Concorrono, alla valutazione finale, le singole valutazioni riportate nella parte applicativa (redazione del progetto) e nel colloquio finale.

Testi di riferimento:

Dispense a cura del docente.

Riferimenti bibliografici

MANDOLESI E., *Edilizia*, voll. I, II, III, e IV, Utet.
PETRIGNANI M., *Tecnologie dell'architettura*, Gorlich.
CALECA L., *Architettura Tecnica*, Flaccovio.
MUTTI L. PROVENZANI D., *Tecniche costruttive per l'architettura*, Kappa.
BANDELLONI E., *Elementi di architettura tecnica*, Cluep.
ZAFFAGNINI M., *Progettare nel processo edilizio*, Luigi Parma.
BACIGALUPI V., *L'architetto e il muratore*, Kappa.

ARCHITETTURA TECNICA I **BO, cds: D**

Docente: **Anna Barozzi** prof. ass.

Finalità

L'Insegnamento mira a fornire i mezzi culturali e gli strumenti operativi di base per comprendere e affrontare i problemi di progettazione e di realizzazione di organismi edilizi.

Comprende lezioni ed esercitazioni.

Le lezioni riguardano in particolare l'illustrazione dei caratteri tecnologici dell'organismo architettonico e degli aspetti fondamentali della progettazione, con particolare riferimento al ruolo dei materiali e delle tecniche costruttive nella realizzazione della qualità architettonica e nella configurazione dell'ambiente edificato.

Le esercitazioni pratiche riguardano l'elaborazione di un progetto di edilizia residenziale.

Programma delle lezioni

– Il "campo" dell'architettura. L'organismo architettonico: definizioni e principi di base, riferimenti storici.

– I caratteri morfologico-strutturali degli edifici: analisi delle caratteristiche e delle vocazioni strutturali dei materiali da costruzione; analisi dei principali modi di organizzazione dei sistemi portanti; analisi dei rapporti tra i sistemi portanti e le configurazioni spaziali e morfologiche.

– Il sistema edilizio. I contenuti della normativa tecnica finalizzata al controllo della qualità edilizia. L'apparecchiatura costruttiva come sistema: elementi di fabbrica, elementi costruttivi funzionali, materiali di base e loro classificazioni. I procedimenti costruttivi: artigianato, industrializzazione e prefabbricazione.

– Gli edifici a muratura portante: i caratteri tipo-morfologici della tradizione costruttiva; criteri di organizzazione strutturale; tipi di murature. Le murature di laterizio: caratteristiche prestazionali, criteri progettuali e costruttivi; normative di riferimento. Soluzioni tecniche per la realizzazione di aperture, sporti, finiture superficiali, rivestimenti e per la difesa dall'umidità e la coibentazione termo-acustica nelle murature. Le murature portanti in getto di c.c.a.: caratteristiche prestazionali, criteri progettuali, tecniche di messa in opera e di.finitura superficiale.

– Gli edifici ad ossatura portante: i caratteri tipo-morfologici della tradizione costruttiva; criteri di organizzazione strutturale di edifici ad ossatura portante in c.c.a. e acciaio; normative di rifenmento. Rapporti fra ossatura e tamponamenti: esempi di soluzioni tecniche.

– Gli edifici a struttura portante prefabbricata in c.c.a.: caratteristiche prestazionali e criteri progettuali. Analisi di sistemi prefabbricati.

– Cenni sulle costruzioni a involucro globale.

– I sistemi di collegamento verticale: requisiti funzionali e criteri di progettazione di rampe e scale; normativa di riferimento. Cenni su i principali tipi di ascensori e montacarichi.

– I sistemi di orizzontamento.

Le volte in muratura: la tradizione costruttiva delle volte; geometria delle volte semplici e composte; tecniche di realizzazione.

Le volte leggere: tipi di volte a guscio e corrugate in c.c.a., ad ossatura in acciaio e legno lamellare.

I solai: requisiti funzionali e criten di progettazione; normativa di riferimento. Tipi di solaio in legno, c.c.a., acciaio e misti. Solai latero-cementizi: soluzioni tecniche e modalità d'impiego.

– I sistemi di copertura: requisiti funzionali e criteri di progettazione. La tradizione costruttiva dei tetti.

I tetti a falde: tipi e tecniche realizzative di elementi portanti, di chiusura e completamento.

I tetti piani: tipi e tecniche realizzative di elementi portanti e di completamento. I sistemi di impermeabilizzazione delle coperture.

– Il progetto di architettura.

– Gli obiettivi e i metodi della progettazione; gli aspetti operativi del progetto: cenni sulla normativa procedurale riferita ai lavori pubblici.

– I livelli di definizione del progetto in rapporto alle fasi del processo di progettazione; cenni sulle procedure di controllo di qualità del progetto.

– I contenuti specifici del progetto preliminare e del progetto definitivo a livello spaziale, morfologico e tecnologico. Le normative di riferimento. I modi e le scale di rappresentazione.

– Cenni sui metodi e le tecniche di progettazione assistita.

Modalità d'esame: l'esame consiste nell'illustrazione del progetto elaborato dal gruppo di studenti e nella discussione di argomenti attinenti alle scelte progettuali attuate e nella verifica individuale della conoscenza degli argomenti trattati nell'Insegnamento.

Bibliografia e testi di riferimento:

L. Caleca, *Corso di Architettura Tecnica*, Flaccovio.
E. Allen, *I fondamenti del costruire*, McGraw-Hill.

È inoltre consigliata la consultazione di:

E. Mandolesi, *Edilizia*, UTET.
N. Tubi, *La realizzazione di muratue in laterizio*, Laterconsult.
C. Latina, *Muratura portante in laterizio*, Laterconsult.
V. Bacco, L. Ciancabilla, *Il manuale dei solai in laterizio*.
B.N. Sandaker, A.P. Eggen, *Principi del costruire*, BEMA.
M. Salvadori, R. Heller, *Le strutture in architettura*.

ARCHITETTURA TECNICA II **BO, cds: D**

Docente: **Adolfo C. Dell'Acqua** prof. ord.

Finalità

L'insegnamento ha la finalità di fornire agli allievi i mezzi culturali e gli strumenti metodologici e operativi per porre in relazione la concezione formale, il programma funzionale e l'impianto spaziale del progetto di architettura con lo studio degli elementi costruttivi e di fabbrica, nonché dei procedimenti di realizzazione.

La progettazione dell'organismo architettonico-edilizio viene vista alla luce della valutazione

critica dei materiali e delle tecniche costruttive, nel quadro dei loro aspetti evolutivi ed applicativi alle fasi del processo progettuale.

Contenuti del programma

Con riferimento alle relazioni tra scelte tecnologiche dei materiali, criteri di strutturazione costruttiva, organizzazione dell'impianto spaziale, risoluzione formale, nel Corso vengono sottolineati gli aspetti di realizzabilità del progetto di architettura.

La componente tecnologico-costruttiva viene considerata secondo un inquadramento di regole tipologiche, come fondamentale riferimento metodologico e operativo nello studio dei rapporti tra edifici e contesto di inserimento ambientale.

Per lo sviluppo del processo di progettazione si tiene conto, oltre che delle relazioni con il contesto, anche del quadro delle diverse esigenze abitative e delle risorse tecnologico-produttive, con specifico riferimento ai relativi aspetti procedurali e normativi.

Nell'ambito delle diverse fasi e implicazioni progettuali, vengono quindi affrontati i temi concernenti la concezione strutturale e la realizzazione dell'opera edilizio-architettonica, in relazione alle potenzialità e alle logiche d'impiego dei differenti materiali, ai procedimenti costruttivi ed alle problematiche di controllo e compatibilità ambientale delle scelte tecnologiche adottate.

In relazione alle finalità e agli orientamenti sopra indicati, gli ambiti di studio trattati nel Corso, concernono specificamente:

- l'iter di progettazione dell'organismo architettonico nello sviluppo del processo edile: fasi operative e procedure realizzative del progetto; tecniche e metodi di progettazione sistematica in rapporto alle componenti ambientali e tecnologiche; gli aspetti normativi – a livello ambientale, tecnologico e tipologico – nell'applicazione progettuale;
- i criteri di strutturazione dell'organismo in rapporto alla tipologia edilizia e l'applicazione dei procedimenti costruttivi tradizionali ed innovativi – in muratura, legno, acciaio e conglomerato cementizio armato – nei diversi sistemi statici continui e discontinui; l'organizzazione funzionale, costruttiva e formale degli elementi costruttivi e degli elementi di fabbrica, nonché lo studio delle connessioni e dei giunti tra i vari elementi, secondo la logica di impiego dei diversi materiali;
- lo studio dell'involucro dello spazio costruito, e degli elementi che lo compongono, con riferimento: alla configurazione geometrico-costruttiva; ai procedimenti realizzativi; al trattamento dei materiali nei vari tipi di chiusura esterna ed interna; alla strutturazione delle pareti e delle coperture, con particolare riferimento all'involucro dei grandi spazi coperti; alla risoluzione degli elementi di protezione e finitura e dei dettagli costruttivi, nelle diverse implicazioni progettuali.

Il corso comprende lezioni, esercitazioni ed attività di laboratorio.

Per quanto concerne il tema sviluppato nel laboratorio, si rimanda ad apposito programma; le esercitazioni concernono il tema della progettazione di un organismo abitativo plurifamiliare, considerato in relazione anche alle strutture di servizio per la residenza.

Specifici riferimenti bibliografici su materiali, sistemi e procedimenti costruttivi, saranno forniti in rapporto allo sviluppo dei diversi argomenti trattati nel Corso.

Riferimenti bibliografici

L. QUARONI, *Progettare un edificio – otto lezioni di architettura*, Mazzotta Ed., Milano, 1977 e successiva ristampa.

P.N. MAGGI, *Il processo edilizio*, vol. I. Città Studi Ed., Milano, 1994

C. CATALDI, *Sistemi statici in architettura*, Ed. Cedam, Padova, 1979.

C. CANIGGIA, G.L. MAFFEI, *Composizione architettonica e tipologia edilizia*, vol. I e II, Marsilio ed., Venezia, 1987.
P. MARETTO, *Realtà naturale e realtà costruita*, Uniedit, Firenze, 1984
R. BOLLATI, S. BOLLATI, G. LONETTI, *L'organismo architettonico*, Allinea, Firenze, 1980.
I. TAGLIAVENTI, *L'organismo architettonico*, Clueb ed., Bologna, 1988.
E. MANDOLESI, *Edilizia*, Utet, Torino, 1978-1991.
A. PETRIGNANI, *Tecnologie dell'architettura*, Görlich ed., Milano, 1981.

ARTE MINERARIA

BO, cds: R

Docente: **Paolo Berry** prof. ord.

L'Insegnamento fornisce i principi fondamentali della progettazione, gestione e controllo di attività estrattive di minerali di 1a categoria e le linee guida più aggiornate per la soluzione dei problemi tipici dell'ingegneria mineraria. La progettazione viene esaminata alla luce dell'interconnessione con la tutela della sicurezza e dell'ambiente, dei criteri economici, finanziari e di mercato, delle normative vigenti, con particolare attenzione verso gli aspetti ambientali coinvolti dalle operazioni minerarie e di scavo. Gli aspetti fondamentali della progettazione, della gestione e del controllo sono affrontati mettendo in rilievo, con esempi ed applicazioni pratiche, l'importanza delle procedure di pianificazione, organizzazione e gestione dei processi e delle azioni elementari. Particolare attenzione viene rivolta ai metodi estrattivi ed alle tecniche di abbattimento (abbattimento meccanico, con esplosivi, ecc.), ai metodi per la valutazione della stabilità degli scavi minerari.

Programma

Approvvigionamento: il mercato delle materie prime minerali. Recenti tendenze evolutive nella prospezione dei giacimenti. Fattori di rischio nell'approvvigionamento di minerali strategici.

La coltivazione delle miniere: parametri che influenzano il progetto. Criteri generali e fattori determinanti l'organizzazione di una coltivazione. Richiami sulla pianificazione dell'attività estrattiva. Tendenze attuali nelle scelte tecnico-economiche tra coltivazioni a cielo aperto ed in sotterraneo. Le grandi preparazione ed i tracciamenti. Criteri per la determinazione della coltivabilità a giorno o in sotterraneo. Metodi di coltivazione in sotterraneo. Influenza dei problemi di stabilità nella scelta del metodo di coltivazione, sulla geometrie dei vuoti, sulle opere di stabilizzazione. Criteri generali per la stabilità delle strutture in roccia. La salvaguardia della sicurezza e della salubrità nelle gallerie, nei pozzi e nei grandi scavi di coltivazione sotterranei ed a cielo aperto. Ventilazione degli scavi in sotterraneo: condizioni ambientali di sicurezza e di salubrità, progetto di ventilazione per reti complesse. La subsidenza mineraria ed il suo controllo. Recupero ambientale di miniere dismesse: scelte tecniche ed economiche.

Tecniche degli scavi: Teoria dell'abbattimento. Abbattibilità delle rocce e dei terreni. Abbattimento meccanico con tagliatrici; macchine a scavo integrale e puntuale; abbattimento con esplosivi. Criteri di progettazione. Progetto di volate nello scavo delle gallerie e dei pozzi ed organizzazione del cantiere. Sismicità indotta dalle volate e problemi di sicurezza.

Esercitazioni ed esame: Le esercitazioni consistono nell'analisi dei temi sviluppati a lezione. L'esame consiste in un colloquio nel quale viene valutata la preparazione dello studente anche attraverso la presentazione del lavoro svolto durante il tirocinio pratico e/o di un progetto sviluppato dallo studente individualmente.

Testi consigliati:

W.A. HUSTRULID, *Underground Mining Methods.*
C.J. HALL, *Mine Ventilation Engineering.*
V.S. VUTUKURI, R.D. LAME, *Environmental Engineering In Mines.*
AUTORI VARI, *Articoli tecnici e scientifici forniti dal docente.*

Tesi di laurea: Sono prevalentemente a carattere applicativo.

ATTUATORI ELETTRICI L **BO, cds: E**
Docente: **Angelo Tani** prof. ass.

Introduzione ai sistemi elettromeccanici:
Bilanci energetici nei sistemi elettromeccanici; relazioni fondamentali fra correnti, flussi concatenati, energia, coenergia, forze e coppie; modelli di campo di tipo monodimensionale e bidimensionale; tensore di Maxwell; magneti permanenti.

Generalità sugli attuatori elettrici:
Forze di attrazione, scorrimento, succhiamento e magnetostrizione; studio di semplici attuatori lineari con e senza magneti permanenti; criteri generali di dimensionamento e scelta degli attuatori.

Soluzione numerica dei campi:
Equazione di Poisson e condizioni al contorno; formulazione variazionale per campi stazionari; introduzione al metodo delle differenze finite e degli elementi finiti; calcolo dei coefficienti di auto e mutua induzione di bobine in sistemi a levitazione elettromagnetica; calcolo di forze; esempi di applicazione al calcolatore.

L'insegnamento è integrato da esercitazioni teoriche e al calcolatore.

Esame: orale.

AUTOMAZIONE INDUSTRIALE **BO, cds: G, I**
Docente: **Carlo Amanti** prof. inc.

Organizzazione di imprese e progetti produttivi
Vengono presentati i concetti e gli aspetti teorici fondamentali nell'organizzazione della produzione industriale, analizzando le singole applicazioni soprattutto nell'ambito delle industrie manifatturiere e ponendo particolare attenzione agli aspetti tecnologici e ingegneristici.
In particolare viene posto l'accento sul legame tra produzione e automazione analizzando tutti gli aspetti dell'integrazione tra processi produttivi e informatica (CAPP, CAD, CAM, CIM).
Partendo dalla conoscenza della evoluzione storica del processo di automazione si presentano gli sviluppi attuali e futuri (FMC-FMS-FAS) analizzando anche alcuni aspetti più propriamente organizzativi e finanziari utilizzando semplici modelli matematici.

Sistemi CAD/CAM

Vengono presentati gli argomenti specifici della progettazione, realizzazione ed utilizzo di prodotti CAD/CAM sia a livello di ingegneria del software (linguaggi di programmazione, realizzazione di interfacce grafiche, algoritmi di calcolo) sia ancora più in dettaglio studiando alcuni aspetti geometrico-matematici con l'ausilio della programmazione ad oggetti in C_{++}.

In particolare si potrà conoscere i metodi algoritmici utilizzati per la modellazione solida costruttiva (CSG) e analizzare le primitive geometriche fondamentali dei software CAD sia bidimensionali che tridimensionali.

Si analizzeranno anche alcuni aspetti tecnologici legati alle soluzioni hardware adottate per le tecniche di disegno e progettazione assistiti.

Sistemi di lavorazione a controllo numerico (CN)

Questa parte del programma è interamente dedicata allo studio della programmazione di macchine a controllo numerico. Verranno esaminati i diversi tipi di sistemi per la lavorazione automatica di parti (CN-CNC-DNC) soffermandosi sia sugli aspetti tecnologici, sia su quelli informatici. In particolare vengono esaminati i linguaggi di programmazione standard a basso livello (G-Code o ISO) e ad alto livello (APT-SPPL).

Vengono presentati, inoltre, diversi esempi acquisiti direttamente dai manuali di programmazione di alcune macchine a CN reali.

Pianificazione dei processi (Process planning)

In quest'ultima parte dell'Insegnamento verranno esaminati gli aspetti più propriamente gestionali dell'automazione della produzione. Verranno presentati i metodi più utilizzati nella gestione e programmazione industriale (MRP-MRPII-JIT) cercando di conoscere a fondo sia la filosofia che sta alla base dei singoli metodi, sia la base logica e matematica che permette di ricavare e di studiare i modelli analitici dei processi.

Vengono esaminati alcuni progetti realmente realizzati (Case study) presentati da tecnici coinvolti direttamente.

AZIONAMENTI ELETTRICI **BO, cds: M**

Docente: **Francesco Profumo** prof. ord.

L'Insegnamento si propone di presentare le principali problematiche relative all'impiego degli azionamenti elettrici nei sistemi di automazione industriale. Sono esaminati gli azionamenti elettrici in corrente continua ed in corrente alternata in modo da evidenziarne le caratteristiche di funzionamento in riferimento ai vari tipi di impiego. Per ogni tipologia di azionamento sono analizzati i principali componenti di potenza quali l'attuatore ed il convertitore per l'alimentazione. Vengono analizzate con particolare attenzione le moderne tecniche di alimentazione dei motori elettrici che consentono di ottenere elevate prestazioni dinamiche.

Azionamenti con motori in c.c.

Caratteristiche dei motori in corrente continua con eccitazione convenzionale ed a magneti permanenti. Funzionamento a coppia costante ed a potenza costante. Regolazione della velocità di controllo sull'armatura e sull'eccitazione. Alimentazione dei motori in c.c. con raddrizzatori controllati e chopper per funzionamento su uno, due e quattro quadranti. Azionamenti per assi e per mandrino.

Azionamenti con motori sincroni

Caratteristiche delle macchine sincrone a rotore liscio ed a poli sporgenti. Varie tipologie di motori sincroni a magneti permanenti. Motori sincroni autoavvianti per azionamenti multimotore. Alimentazione tramite convertitori statici di frequenza per il controllo della velocità. Caratteristiche dei motori brushless a tecnica trapezia ed a tecnica sinusoidale. Controllo di coppia. Campi di applicazione e confronti con gli azionamenti in c.c.

Azionamenti con motori asincroni

Caratteristiche dei motori asincroni. Funzionamento con rapporto tensione/frequenza per la regolazione di velocità. Campo di funzionamento a coppia costante ed a potenza costante. Controllo di coppia con azionamenti a scorrimento controllato. Cenni sulle tecniche di controllo ad orientamento di campo per azionamenti ad alte prerogative dinamiche.

Azionamenti con motori passo

Varie tipologie dei motori passo. Caratteristiche di funzionamento. Tecniche di alimentazione. Problemi relativi alle fasi di avviamento e frenatura. Possibilità di funzionamento in catena aperta e catena chiusa. Motori a riluttanza. Campi di applicazione.

Attuatori diretti

Principali caratteristiche degli attuatori diretti di tipo rotante e di tipo lineare. Analisi di alcuni particolari tipi di attuatori lineari in corrente continua senza spazzole. Applicazione degli attuatori lineari nei sistemi di posizionamento con inseguimento di profili di velocità.

Esercitazioni

Il Corso comprende esercitazioni teoriche e pratiche. Nelle esercitazioni teoriche vengono affrontati problemi di dimensionamento e scelta di azionamenti elettrici per applicazioni particolari. Nelle esercitazioni pratiche svolte in laboratorio vengono esaminate le caratteristiche dinamiche dei vari tipi di azionamenti mediante registrazioni delle grandezze elettriche e meccaniche durante i transitori. Con riferimento agli azionamenti con motori brushless e motori passo vengono inoltre esaminate le possibilità di generare movimenti con prefissate traiettorie di posizione e velocità.

Testi consigliati:

A.E. FITZGERALD, C. KINGSLEY JR., A. KUSKO, *Macchine Elettriche*, Franco Angeli Editore, Milano, 1978.

JOHN M.D. MURPHY, F.G. TURNBULL, *Power Electronic Control of AC Motors*, Pergamon Press, Oxford, 1988.

TAKASHI KENJO, *Stepping motors and their microprocessor controls*, Clarendon Press, Oxford, 1985.

RONALD J. TOCCI, LESTER P. LASKOWSKI, *Microprocessor and Microcomputer*, Prentice-Hall, Inc. New Jersey.

Appunti integrativi forniti durante il Corso.

Esame: consta di una prova orale.

Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica, Controlli Automatici.

AZIONAMENTI ELETTRICI L **BO, cds: E, L, U**

Docente: **Domenico Casadei** prof. straord.

Finalità del corso

Il corso si propone di presentare le principali problematiche relative all'impiego degli azionamenti elettrici nei sistemi di automazione industriale. Sono esaminati gli azionamenti elettrici in corrente continua ed in corrente alternata in modo da evidenziarne le caratteristiche di funzionamento in riferimento ai vari tipi di impiego.

Programma

Azionamenti con motori in c.c. – Caratteristiche dei motori in corrente continua. Regolazione della velocità con controllo sull'armatura e sull'eccitazione. Funzionamento a coppia costante ed a potenza costante. Alimentazione dei motori in c.c. con raddrizzatori controllati e chopper per funzionamento su uno, due e quattro quadranti. Azionamenti per assi e per mandrino.

Azionamenti con motori brushless – Caratteristiche delle macchine sincrone a rotore liscio ed a poli sporgenti. Varie topologie di motori sincroni a magneti permanenti. Alimentazione tramite convertitori statici di frequenza per il controllo della velocità. Caratteristiche dei motori brushless a tecnica trapezia ed a tecnica sinusoidale. Campi di applicazione e confronti con gli azionamenti in c.c.

Azionamenti con motori asincroni – Caratteristiche dei motori asincroni. Alimentazione tramite convertitori statici di frequenza per la regolazione di velocità. Azionamenti in catena aperta ed azionamenti in catena chiusa. Campo di funzionamento a coppia costante ed a potenza costante.

Azionamenti con motori pass-passo – Varie tipologie dei motori passo. Caratteristiche di funzionamento. Tecniche di alimentazione. Problemi relativi alle fasi di avviamento e frenatura. Motori a riluttanza. Campi di applicazione.

Esercitazioni – Il Corso comprende esercitazioni teoriche e pratiche. Nelle esercitazioni teoriche vengono affrontati problemi di dimensionamento e scelta di azionamenti elettrici. Nelle esercitazioni pratiche vengono analizzate le caratteristiche di funzionamento di azionamenti di tipo industriale.

Esame L'esame comprende una prova orale sugli argomenti svolti nelle lezioni teoriche e la discussione di una prova sperimentale.

Testi consigliati:

A.E. FITZGERALD, C. KINGSLEY JR., A. KUSKO, *Macchine Elettriche*, Franco Angeli Editore, Milano, 1978.

JOHN M.D. MURPHY, F.G. TURNBULL, *Power Electronic Control of AC Motors*, Pergamon Press, Oxford, 1988.

TAKASHI KENJO, *Stepping motors and their microprocessor controls*, Clarendon Press, Oxford, 1985.

T.J.E. MILLER, *Brushless permanent-magnet and reluctance motor drives*, Clarendon Press, Oxford, 1989.

T.J.E. MILLER, *Switched reluctance motor and their control*, Clarendon Press, Oxford, 1989.

Appunti integrativi forniti durante l'Insegnamento.

BASI DI DATI L **BO, cds: P**

Docente: **Fabio Grandi** prof. ass.

Finalità

Il corso si propone di fornire gli strumenti teorici e pratici necessari all'utilizzo razionale di un sistema informativo basato su piattaforma DBMS relazionale ed alla sua amministrazione, nonché una conoscenza di base di alcune delle tecnologie impiegate nella loro realizzazione. Una parte del corso è dedicata ad esercitazioni pratiche sul sistema MS-Access.

Programma

Sistemi informativi aziendali e sistemi per la gestione di basi di dati (DBMS). Introduzione ai concetti fondamentali sui sistemi informativi e sulle basi di dati relazionali. Teoria relazionale (versione "informale" e versione formale): definizioni di base, algebra relazionale, forme normali.

Il linguaggio standard SQL: DDL e DML. Interrogazioni semplici (query SPJ) e complesse: funzioni aggregate, raggruppamento, annidamento e uso di quantificatori, variabili relazionali e correlazione. Definizione ed uso di viste. La qualità dei dati: gestione di vincoli d'integrità e normalizzazione. Procedure e trigger (basi di dati attive).

Il sistema MS-Access. Uso di SQL, interfacce visuali e QBE. Amministrazione della base di dati. Esecuzione di query interattive. Sviluppo di applicazioni tramite linguaggio ospite: embedded SQL, cursori, accesso tramite ODBC.

Elementi di tecnologia relazionale. Indicizzazione dei dati tramite B+tree. Architettura generale di un DBMS relazionale. Sintesi ed ottimizzazione delle interrogazioni: metodi di accesso ai dati, algoritmi di join, calcolo dei costi di accesso (cenni).

Bibliografia Obbligatoria

Sono disponibili in fotocopia e sul Web appunti informali rilasciati dal docente.

P. Atzeni, S. Ceri, S. Paraboschi, R. Torlone, *Basi di dati*, Mc Graw Hill, seconda edizione, 1999.

R Van Der Lans, *Introduzione a SQL*, Addison-Wesley, 2001.

BIOCHIMICA INDUSTRIALE **BO, cds: R, Q**

Docente: **Fabio Fava** prof. ass.

ELEMENTI DI BIOCHIMICA

Il ruolo della biochimica: la logica molecolare degli organismi. Le biomolecole e le macromolecole biologiche. Lo scambio di energia e di materia negli organismi.

Cellule procariote ed eucariote. Caratteristiche principali e ruolo biologico del nucleo, dei plasmidi, dei mitocondri, del reticolo endoplasmatico, dell'apparato del Golgi, dei lisosomi e perossisomi, del citoplasma, della membrana citoplasmatica, della parete cellulare e dei flagelli e pili.

Gli amminoacidi: loro struttura chimica, proprietà chimiche e stereochimiche e loro analisi chimica.

Peptidi e proteine: struttura e funzione biologica. La struttura primaria delle proteine e sua determinazione. La struttura secondaria, terziaria e quaternaria delle proteine: esempi di proteine fibrose e globulari di maggiore interesse biologico. Gli enzimi: loro funzione, classificazione e nomenclatura. Il meccanismo delle reazioni enzimatiche, velocità di reazione e i fattori che la

controllano. Equazione di Michaelis-Menten. Meccanismi di inibizione enzimatica. Regolazione non covalente e covalente degli enzimi. Isoenzimi.

Le vitamine: loro importanza, classificazione, chimismo e proprietà biologiche.

I carboidrati di interesse biologico: classificazione, struttura chimica, stereoisomeria e reattività.

I lipidi: classificazione, struttura chimica e loro funzione biologica.

Acidi nucleici: chimismo e struttura del DNA e RNA. Replicazione del DNA e sue fasi. La trascrizione: sintesi dell'RNA messaggero e modifiche post-trascrizionali. La sintesi proteica: i ribosomi, l'RNA di trasferimento, le fasi principali del processo e le modificazioni post-traduzionali. Regolazione della sintesi proteica.

Il metabolismo: vie anaboliche e cataboliche e loro regolazione. Energia libera e bioenergetica cellulare. Il chimismo e la funzione biologica dell'ATP, NAD+ (e NADP+) e FAD (e FMN).

La via glicolitica di Embden-Meyerhof: fasi, bilancio energetico e regolazione. Fermentazione alcolica e omolattica e loro bilancio energetico. Accesso dei carboidrati principali nella via glicolitica.

Il ciclo di Krebs: fasi, bilancio energetico e regolazione.

La fosforilazione ossidativa e sintesi di ATP: fasi e regolazione del processo.

ELEMENTI DI MICROBIOLOGIA

Classificazione dei microorganismi. Caratteristiche principali dei batteri, lieviti e muffe di interesse industriale.

Categorie nutrizionali e costituenti dei terreni di coltura. Terreni colturali naturali, sintetici e industriali.

Colture miste e colture pure. Crescita microbica e fattori chimici e fisici che la influenzano. Colture *batch, fed-batch* e continue. Metodi di sterilizzazione e metodi di misura della concentrazione microbica di una coltura liquida.

ELEMENTI DI BIOTECNOLOGIA INDUSTRIALE

Aspetti generali delle produzioni biotecnologiche di interesse industriale. Fermentatori, processi di fermentazione e di recupero del prodotto.

Aspetti biochimici, microbiologici, chimici e tecnologici relativi alla produzione industriale di lievito e di cellule microbiche quali fonti di proteine alimentari, etanolo, acidi organici (acido citrico e acetico), aminoacidi (acido L-glutammico e L-lisina), vitamine (cianocobalammina o B12, riboflavina o B2 e acido citrico) e antibiotici (penicilline, cefalosporine e tetracicline). Produzione di enzimi microbici e loro utilizzazione industriale. Produzione industriale di enzimi e tecniche di immobilizzazione. Proprietà degli enzimi immobilizzati e loro impieghi a livello industriale. Immobilizzazione di cellule e loro impiego industriale.

Testi consigliati

LEHNINGER, NELSON, COX, *Introduzione alla Biochimica*, Zanichelli, Bologna, 1997.

LEHNINGER, NELSON, COX, *Principi di Biochimica - II° Ed.*, Zanichelli, Bologna, 1993.

BROCK, MADIGAN, MARTINKO, PARKER, *Microbiologia*, Città Studi Edizioni (UTET), Milano, 1995.

MATTEUZZI, BRIGIDI, *Chimica delle Fermentazioni e Microbiologia Industriale*, Libreria Asterisco, Bologna, 1996/97.

MARZONA, *Chimica delle Fermentazioni e Microbiologia Industriale*, Piccin Nuova Libraria, Padova, 1996.

QUAGLIERINI, VANNINI, PALADINO, *Chimica delle Fermentazioni e Laboratorio*, Ed. Zanichelli, Bologna, 1995.

FRONTALI e SCHIESSER, *Chimica delle Fermentazioni e microbiologia industriale*, Ed. EURoma, Roma, 1990.

Esame

L'esame consiste in una prova orale.

BIOIMMAGINI LS **BO, CdS: L**

Docente: **Claudio Lamberti**, prof. ass.

Vengono illustrati i principi di funzionamento di alcune tipologie di apparecchiature biomediche per la generazione di immagini diagnostiche e alcune tecniche di elaborazione di tali immagini.

Programma

1. Sistemi di diagnostica per immagini
   Apparecchiature a Raggi X. Laboratorio di cateterismo cardiaco. Ultrasuoni ed Ecografia. Tomografia Computerizzata. Risonanza Magnetica Nucleare.

2. Elaborazione di immagini biomediche
   Metodi di filtraggio e segmentazione. Visualizzazione assistita al calcolatore.

3. Tecniche di realtà virtuale in biomedicina
   Pianificazione e simulazione chirurgica.

Visite guidate presso alcune strutture sanitarie.
Seminari tenuti da esperti esterni.

Testi consigliati:

CLAUDIO LAMBERTI e MASSIMO GARAGNANI, *Principi di Ecografia e Recenti Sviluppi Tecnologici*, Athena Editore, 2003.

Diagnostica per immagini a Raggi X: principi fisici ed aspetti tecnologici. A cura di P. Comandini, L. Pierotti e C. Lamberti. Esculapio Editore, 1996.

Vengono forniti inoltre appunti preparati dal docente contenenti anche le indicazioni bibliografiche per l'approfondimento di temi specifici.

BIOINGEGNERIA II **BO, cds: L**
BIOMECCANICA LS **BO, cds: L**

Docente: **Angelo Cappello** prof. straord.

Scopo dell'insegnamento è quello di fornire una visione unificante dei fenomeni biomeccanici nel sistema muscolo-scheletrico. Partendo dalla meccanica dei corpi rigidi viene affrontato lo studio cinematico e dinamico del movimento umano, sottolineandone la rilevanza in clinica

ortopedica, riabilitazione e medicina sportiva.

L'insegnamento è specificatamente orientato agli allievi elettronici, non solo per la scelta dei contenuti, ma anche per la trattazione sistemistica dei problemi orientata alla loro soluzione mediante calcolatore elettronico.

Programma

1. Introduzione. La biomeccanica: definizione ed ambiti applicativi. Analisi del movimento umano: obiettivi ed evoluzione storica. Anatomia e funzione del sistema muscolo-scheletrico. Componenti principali: ossa, cartilagine, muscoli, tendini, legamenti. Le articolazioni: geometria e funzione. Modellistica del sistema muscolo-scheletrico. Il diagramma del corpo libero.

2. Dal punto materiale al corpo rigido. Cinematica del corpo rigido. Tecniche strumentali per la cinematica, rassegna dei metodi, stereo-fotogrammetria. Cinematica dei segmenti corporei a partire da cluster di markers. Protocolli di acquisizione della cinematica dei segmenti corporei: CAST. RSA e videofluoroscopia. Cinematica articolare. Artefatti e loro propagazione. Casi clinici: protesi di ginocchio.

3. Dinamica del corpo rigido. Leggi della statica e della dinamica applicate ai corpi rigidi. Forze attive e reazioni vincolari: teoria della trave. Stima delle forze articolari e muscolari in condizioni statiche. Tecniche strumentali per la dinamica: pedane dinamometriche e baropodometriche. Dinamica dei segmenti corporei. Problema dinamico diretto ed inverso. Tecniche strumentali per la misura dell'attività muscolare. Casi clinici. Biomeccanica della postura eretta e controllo posturale.

Esercitazioni

L'insegnamento è integrato da esercitazioni di laboratorio volte a favorire la capacità di definire e risolvere concreti problemi di biomeccanica. Esercitazioni in laboratorio informatico consentiranno di progettare e simulare esperimenti in modo realistico. Questi verranno successivamente realizzati nel laboratorio di Analisi del Movimento per dare risposte a quesiti clinici in ambito ortopedico e riabilitativo. Lo svolgimento di tesine consentirà a gruppi di studenti di approfondire alcuni aspetti del corso.

Esame: Prova scritta intermedia, esame orale finale.

Testi consigliati

1) A. Cappello, A. Cappozzo, P.E. Di Prampero (Eds), *Bioingegneria della postura e del movimento*, Patron Editore, Bologna, 2003.
2) D.A.Winter, *Biomechanics and motor control of human movement*, New York, John Wiley, 1990.
3) B.M.Nigg, W.Herzog (eds.) *Biomeechanics of the musculo-skeletal system*, John Wiley, New York, 1995.
4) V.M. Zatsiorsky, *Kinematics of human motion*, Human Kinetics, Champaign (ILL), 1998.
5) V.M. Zatsiorsky, *Kinetics of human motion*, Human Kinetics, Champaign (ILL), 2002.

BIOINGEGNERIA LS **BO, cds: L**

Docente: **Guido Avanzolini** prof. ord.

Finalità

Il corso si propone di introdurre gli studenti alle problematiche dell'ingegneria biomedica e di fornire le conoscenze di base per lo studio ingegneristico di alcuni importanti sistemi dell'organismo umano e della loro interazione con apparati artificiali di misura e terapia.

Programma

1. *L'ingegneria biomedica.* Definizione e finalità, figure professionali e relativa terminologia internazionale. Confronto fra sistemi biologici e sistemi artificiali dal punto di vista ingegneristico.

2. *Modelli matematici a compartimenti.* Definizione di compartimento. Descrizione della cinetica di sostanze mediante scambi fra compartimenti. Elementi di progetto degli esperimenti ingresso-uscita: identificazione parametrica e concetto di identificabilità.

3. *Sistema cardiocircolatorio.* Elementi di emodinamica: richiami di fluidodinamica, flusso ematico pulsatile nei vasi sanguigni e relativa analogia elettrica, impedenza vascolare, analisi fenomenologica del flusso nei vasi collassabili, il modello windkessel. Il sistema cardiovascolare come circuito chiuso: il modello di Guyton. Metodi di misura di grandezze e parametri che caratterizzano la circolazione sanguigna. Introduzione ai sistemi di assistenza circolatoria.

4. *Sistema respiratorio.* Modelli della meccanica respiratoria. Apparecchiature per la ventilazione artificiale.

Il corso è integrato da esercitazioni in aula e nel laboratorio di Ingegneria Biomedica.

Testi consigliati

Dispense redatte dal docente.
Modalità di svolgimento dell'esame
Scritto e orale

BIOINGEGNERIA MOLECOLARE E CELLULARE LS **BO, cds: L**
Docente: **Silvio Cavalcanti** prof. ass.

Il corso presenta le principali metodologie analitiche e tecnologiche per lo studio dei processi biologici su scala molecolare e cellulare. L'allievo è introdotto ai metodi in uso per gli studi di genomica e proteomica funzionale. Particolare enfasi è data allo studio dei processi biofisici alla base della eccitabilità della membrana cellulare ed all'utilizzo dell'analisi modellistica orientata allo sviluppo di simulatori e alla generazione di dati simulati. L'allievo deve familiarizzare con le tecniche di rappresentazione astratta dell'osservazione sperimentale attraverso esempi che illustrano come si derivano le equazioni dei modelli e come si implementano e si utilizzano i modelli al calcolatore. Gli esempi considerati riguardano: modelli cinetici di reazioni molecolari ed enzimatiche, modelli d'interazione tra meccanismi in competizione o in cooperazione, modelli di sistemi a dinamica complessa, modelli di cellule eccitabili.

Principali argomenti trattati

Richiami di meccanica e termodinamica statistica; Elementi di teoria delle biforcazioni; Biopolimeri; Microprocessi per la produzione di biomolecole e biostrutture; Meccanica e dinamica molecolare; Interazione intermolecolari; Ingegneria delle proteine e del DNA; Macchine e calcolo molecolare; Nanosistemi molecolari; Biochip; Bioinformatica e banche dati; Struttura e funzione delle proteine integrali; Sistemi di espressione eterologi; Eccitabilità cellulare; Introduzione ai sistemi neurosensoriali;

Testi usati dal docente per preparare le lezioni

Molecular Engineering of Nanosystems by E. A. Rietman.

Biological Micro- and Nanotribology by M. Scherge and S. Gorb.
Integrated microfabricated biodevices by M. Heller and A. Guttman.
Computational modelling of genetic and biochemical networks by J. M. Bower and H. Bolouri.
Bioinformatica by A. Tramontana.
Introduzione alla Struttura delle proteine by C. Branden and J. Tooze.
Biologia molecolare della cellula by H. Lodish, et al.
Ion Channels of Excitable Mambranes by Hille.
Fundamental Neuroscience by Zigmond et al.

CALCOLATORI ELETTRONICI LA **BO, cds: I**
Docente: **Giovanni Neri** prof. ord.

Evoluzione tecnologica dei calcolatori - Moderne metodologie di progetto - Correlazione con le tecnologie VLSI.

Organizzazione gerarchica dei calcolatori - Livelli e relazioni - Architetture e linguaggi - Compilazioni e interpretazione.

Linguaggio macchina - Linguaggio assemblativo - Formato delle istruzioni - Metodi di indirizzamento - Strutture di dati.

Tipi di istruzioni - Istruzione di trasferimento, rotazione, booleane, aritmetiche, reali e di gestione degli indirizzi - Istruzioni di modifica del controllo, salto e subroutines.

Microprogrammazione - Microarchitettura - Decodifica delle istruzioni - Unità di controllo - Unità logica e artimetica.

Architettura di una CPU - Registri - Temporizzazione - Segnali di comunicazione con il mondo esterno.

Controlli periferici intelligenti - Timer - UART - Controllore parallelo.

Interruzioni e applicazioni - Controlli di interruzione - DMA - Controllore di DMA.

Analisi di un progetto reale di sistema a microprocessore - Coprocessore matematico.

Microprocessori avanzati - Rilocazione dinamica - Memoria virtuale - Impaginazione della memoria - Protezione - Memorie cache - Analisi dell'efficienza delle memorie cache - Analisi di un processore con architettura segmentata e impaginata.

Muliprocessing - Architetture ad alto parallelismo - Array processors - Macchine SIMD e MIMD - Cenni sulle macchine data-flow.

Testo consigliato:

M. De Blasi, *Sistemi per l'elaborazione dell'informazione. Architettura dei calcolatori*, ed. Laterza.

Esame: scritto e orale.

CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE NUMERICA **BO, cds: C**
Docente: **Fiorella Sgallari** prof. straord.

Scopo del corso

L'Insegnamento si articolerà in due parti:

1. Nella prima parte si forniranno le nozioni e gli strumenti necessari per la soluzione di problemi numerici.

2. Nella seconda parte verranno realizzati a calcolatore progetti riguardanti problemi classici e nuovi dell'Ingegneria Civile e più in generale della matematica applicata (calcolo strutturale, idraulica, trasporti, CAD, etc.). Allo scopo saranno utilizzati pacchetti di software numerico nei linguaggi C, FORTRAN e MATLAB.

A completamento delle conoscenze di programmazione saranno organizzati, se richiesti, opportuni seminari.

Programma

- **Sistemi di equazioni lineari**
  Metodi diretti: fattorizzazione LU e QR di una matrice. Algoritmi di base (Gauss, Cholesky). Metodi iterativi. Algoritmi di base (Jacobi, Gauss-Seidel, SOR). Metodi per sitemi di grandi dimensioni (metodo del gradiente coniugato, metodi di Krylov). Cenni al precondizionamento. Problema lineare dei minimi quadrati.
- **Autovalori ed autovettori**
  Localizzazione degli autovalori. Condizionamento. Metodo delle potenze e delle potenze inverse e varianti. Metodi per similitudine: Jacobi, Givens, Householder. Metodo QR e varianti.
- **Equazioni e sistemi non lineari**
  Generalità. Metodi per equazioni non lineari: metodo delle tangenti o di Newton e sue varianti, metodo delle corde, delle secanti e di bisezione. Metodi per sistemi non lineari: metodo di Newton-Raphson.
- **Interpolazione ed approssimazione**
  Interpolazione polinomiale, formula di Lagrange e di Newton, differenze divise. Differenze finite. Interpolazione con funzioni polinomiali a tratti: funzioni splines. Approssimazione ai minimi quadrati.
- **Derivazione ed integrazione**
  Generalità. Formule di quadratura interpolatorie.Formule di Newton-Cotes. Formule composite. Formule Gaussiane. Derivazione numerica.
- **Equazioni differenziali ordinarie**
  Problemi di valori iniziali. Metodi ad un passo e a più passi. Metodi di Runge-Kutta. Metodi di tipo Adams. Problemi con condizioni ai limiti. Problemi stiff. Analisi dell'errore. Stabilità.
- **Equazioni a derivate parziali**
  Alcune idee di base: approssimazione numerica, alcuni tipi importanti di equazioni alle derivate parziali, tipi di equazioni e caratteristiche. Metodi alle differenze finite. Convergenza e stabilità. Principi variazionali. Nozione di soluzione debole. Elementi finiti. Problemi ellittici. Problemi parabolici.

Laboratorio

Per ogni argomento trattato verranno organizzate esercitazioni in laboratorio e risolti problemi classici dell'ingegneria civile e/o nuovi problemi suggeriti da Studenti o Docenti del Corso di Laurea.

Materiale didattico

Introduzione a MATLAB e richiami sulle matrici (disponibile nella pagina web docente).

Lucidi del corso, esercizi di laboratorio con soluzioni a richiesta. Verranno, inoltre, consigliati testi specifici.

Valutazione

L'esame consiste in una prova orale o nella realizzazione e discussione di un progetto di laboratorio.

CALCOLO NUMERICO LA **BO, cds: L, T**

Docente: **Fiorella Sgallari** prof. straord.

Scopo del corso

Il corso si propone di fornire le nozioni e gli strumenti di calcolo necessari per la soluzione di semplici problemi dell'ingegneria. Il corso prevede un'attività di laboratorio, che ne costituisce parte integrante, in cui si utilizzerà il software MATLAB.

Programma del corso

- Numeri finiti, errori di arrotondamento, condizionamento di un problema, stabilità numerica.
- Introduzione all'ambiente MATLAB.
- Equazioni lineari. Metodi diretti: fattorizzazione LU di una matrice, il metodo di eliminazione di Gauss, strategie di pivoting, algoritmo di Cholesky. Metodi iterativi: Metodo di Jacobi, Gauss-Seidel, SOR. Matrici malcondizionate.
- Equazioni e sistemi non lineari. Metodo di bisezione, metodo di Newton, metodo delle corde, metodo di regula falsi.
- Autovalori e autovettori. Algoritmo QR. Metodo delle potenze e potenze inverse.
- Equazioni differenziali ordinarie. Metodi ad un passo e più passi: metodo di Eulero, Runge-Kutta e Adams. Equazioni stiff.

Valutazione

L'esame consiste in un progetto di laboratorio e relativa discussione orale.

Testi di riferimento

Introduzione a MATLAB. Lucidi del corso (disponibile nella pagina web del docente).
Esercizi di laboratorio con soluzioni ed esempi di progetti svolti a richiesta.

G. Monegato, *Fondamenti di Calcolo Numerico*. Ed. CLUT, 1998.
R. Bevilacqua, D. Bini, M. Capovani, O. Menchi, *Introduzione alla matematica computazionale*. Zanichelli, Bologna, 1987.

CAMPI ELETTROMAGNETICI LA **BO, cds: L, T**

Docenti: **Vittorio Rizzoli** prof. ord.
Alessandro Lipparini prof. straord.

Obittivo formativo dell'insegnamento:

Il Corso si propone di sviluppare una solida comprensione di carattere scientifico-metodologico dei complessi fenomeni che stanno alla base della propagazione elettromagnetica guidata, e di applicarla allo studio dei mezzi trasmissivi utilizzati nei sistemi di telecomunicazione su portante fisico e nei circuiti integrati per alte frequenze.

Programma del corso:

Le strutture cilindriche come modello dei mezzi trasmissivi. Concetto di modo e completezza degli insiemi di modi. Discretizzazione degli insiemi di modi nelle strutture chiuse; effetto di taglio. Modi radianti e irraggiamento nelle strutture aperte. Ortogonalità dei modi ed eccitazione dei mezzi trasmissivi; discontinuità. Modi ibridi guidati nelle strutture non omogenee chiuse e aperte. Guide con conduttori imperfetti e analisi perturbativa delle perdite. Applicazioni: linee di trasmissione, guide d'onda metalliche, fibre ottiche.

Distorsione dei segnali nella trasmissione su portante fisico. Condizioni di non distorsione. Velocità di gruppo. Applicazione alle linee di trasmissione con perdite. Mezzi trasmissivi limitati per distorsione e per attenuazione. Distorsione per propagazione multimodale.

Linee di trasmissione multifilari in dielettrico omogeneo e non omogeneo. Modi TEM e quasi-TEM e loro descrizione circuitale. Calcolo dei parametri circuitali primari. Equazioni dei telegrafisti e circuito equivalente. Regime d'onda puramente progressiva e concetto di adattamento. Ortogonalità dei modi ed eccitazione dei sistemi multifilari. Linee simmetriche a due conduttori più massa: modi pari e dispari. Scambio di potenza tra i conduttori del sistema.

Definizione elettromagnetica di rete elettrica multiporta. Porte fisiche ed elettriche, relazioni tra porte elettriche e modi delle guide afferenti. Matrice di diffusione e sue proprietà. Interconnessione di reti multiporta, livello di impedenza di un sistema. Reti TEM, giustificazione rigorosa della teoria circuitale nell'ambito della teoria elettromagnetica e studio delle sue limitazioni. Matrici impedenza e ammettenza di reti TEM multiporta. Teoremi di Thévenin e di Norton. Casi del due-porte (quadripolo) e del monoporta (bipolo). Adattatori di impedenza senza perdite.

Testi consigliati:

VITTORIO RIZZOLI e ALESSANDRO LIPPARINI, *Propagazione elettromagnetica guidata*. Esculapio-Progetto Leonardo, 2002.

Testi di consultazione:

PAOLO BASSI, GAETANO BELLANCA e GIOVANNI TARTARINI, *Propagazione ottica libera e guidata*. CLUEB, 1999.

ROBERT E. COLLIN, *Field theory of guided waves*. IEEE Press, 1991.

CAMPIONAMENTI E MISURE NEGLI ACQUIFERI L **BO, cds: R**

Docente: **Paolo Macini** prof. ass.

Introduzione al corso: sondaggi, perforazioni, campionamenti, mezzi porosi. Elementi di meccanica dei fluidi nei mezzi porosi. Concetti di saturazione, porosità e permeabilità. Curve granulometriche, permeabilità relative, bagnabilità, pressione capillare: misure di laboratorio sui mezzi porosi. Caratterizzazione degli acquiferi. Leggi del moto nelle falde freatiche e artesiane (cenni), moto dei fluidi nell'insaturo, problemi dei mezzi fratturati. Generalità sui sondaggi meccanici. Realizzazione di pozzi per acqua e di piezometri. Completamento e sviluppo di pozzi e piezometri di monitoraggio. Strategie di campionamento e ubicazione dei punti d'indagine. Metodi di perforazione. Campionatori per terreni ed acque sotterranee. Modalità di prelievo, conservazione e trasporto dei campioni. Misure in pozzo: prove di pozzo, log geofisici, soil gas survey attivi e passivi, prove infiltrometriche in sito.

Testi consigliati:

1. BERETTA, G.P., *Linee guida per l'esecuzione di indagini e di prospezioni idrogeologiche per il monitoraggio delle acque sotterranee*, Bologna, Pitagora, 1994.
2. CERBINI, G., *Monitoraggio e campionamento delle acque sotterranee*, Segrate, Geo-Graph, 2001.
3. DRISCOLL, F.G., *Groundwater and wells*, St. Paul (Minnesota), Johnston div., 1986.
4. FETTER, C.W., *Applied hydrogeology*, Columbus, Merril, 1980.
5. CASTANY, G., *Idrogeologia: principi e metodi*, Palermo, 1985.
6. BOWEN, R. *Ground Water*, London, 1980.
7. MACINI, P., MESINI, E. *Alla ricerca dell'energia: metodi di valutazione delle georisorse fluide*, Bologna, 1998.

CARTOGRAFIA TEMATICA E AUTOMATICA

BO, cds: R

Docente: **Maurizio Barbarella** prof. ord.

Programma

Infrastruttura geometrica della cartografia: Reti geodetiche e di raffittimento. Reti geodetiche nazionali: trigonometrica, altimetrica. IGM95. Reti di raffittimento primario GPS (GPS7). Raffittimento altimetrico e modelli di ondulazione del geoide. Adattamento locale dell'ondulazione e trasformazione di Datum (conforme e grigliati IGM).

Cartografia Generale Italiana. La proiezione conforme di Gauss. Il Sistema cartografico Nazionale: impianto, vecchia e nuova serie cartografica. Taglio cartografico. Sistema internazionale UTM(ED50). Il nuovo Sistema UTM(WGS84). Cartografia Regionale a scala tecnica (1:10000, 1:5000), in forma grafica e digitale Cartografie a grande scala (1:2000, 1:1000). Lettura delle coordinate presenti negli elementi cartografici alle varie scale. Prodotti grafici,vettoriali e digitali dell'IGM e dalla Regione Emilia Romagna.

Cartografia Numerica Caratteristiche generali della cartografia numerica. Concetto di scala. Contenuto metrico e informativo. Processo produttivo della Cartografia Numerica. Capitolati. Controllo di qualità ed operazioni di collaudo delle fasi della produzione: volo, inquadramento, T.A, restituzione, ricognizione, editing. Sistemi di codifica, congruenze, vestizione.

Cartografia digitale e ortocarte. Formato raster e vettoriale. Digitalizzazione di fotogrammi e di cartografia. Georeferenziazione di immagini. Rappresentazione del terreno in forma discreta: Modelli Digitali del Terreno. Uso del DTM per le correzioni metriche delle immagini. Immagini satellitari ad alta risoluzione e loro processamento. Uso di immagini raddrizzate e ortofoto all'interno di un SIT.

Basi di dati topografici e Sistemi Informativi Territoriali Componenti di DB e di GIS. Strutturazione e modelli. Dati di input e loro organizzazione. Banca Dati associata alla cartografia (DB topografico): Creazione di superfici da dati puntuali. Analisi dei dati. Caratteristiche generali di un software GIS. Applicazioni. Il SIT regionale

Esercitazioni: Esempi di impiego di software ad alta diffusione. Digitalizzazione e georeferenziazione di cartografia. Sovrapposizione di dati vector e raster. Gestione di un DTM. Dati laser: immagini e DTM. Presentazione delle potenzialità di un software per GIS.

CARTOGRAFIA NUMERICA, SIT E CATASTO L **BO, cds: C**

Docente: **Gabriele Bitelli** prof. straord.

Finalità e contenuti

Il corso si propone in primo luogo di fornire le conoscenze di base relativamente alla realizzazione ed all'utilizzo di database geografici all'interno di sistemi informativi territoriali (SIT), con particolare enfasi verso le caratteristiche e la qualità dei dati di diversa provenienza. Vengono discussi, anche con esercitazioni pratiche, i principali temi relativi alla elaborazione di cartografia numerica ed alle funzionalità proprie dei sistemi GIS, con specifico interesse verso applicazioni legate all'ingegneria civile ed alla gestione del territorio.

Si affrontano infine le problematiche relative alla moderna gestione dei dati catastali ed alle pratiche operative connesse.

Programma

Il problema della georeferenziazione dei dati. Le reti di riferimento in Italia. Richiami sui sistemi geodetici e cartografici in uso e sulle trasformazioni tra di essi.

Modelli e strutture dei dati per i database geografici: vettoriale, raster, ibrido. Analisi degli aspetti distintivi e dei formati in uso.

Caratteristiche e modalità di acquisizione della cartografia numerica:

– la digitalizzazione manuale e quella automatica o semiautomatica mediante scansione; il problema della georeferenziazione dei dati raster;

– la fotogrammetria aerea, esame di specifiche e capitolati per cartografie a scala nominale diversa. L'uso dell'ortofoto come base metrica alternativa alla cartografia vettoriale;

– i dati topografici classici e GPS;

– il telerilevamento da satellite, generalità e cenni sulla classificazione di immagini multispettrali; le immagini satellitari ad altissima risoluzione;

– i modelli digitali del terreno (DTM): tecniche di interpolazione, elaborazione, prodotti derivati ed applicazioni in campo ambientale.

Rassegna dei principali prodotti di cartografia numerica disponibili sul territorio nazionale, ambiti applicativi e modalità di acquisizione.

I database: aspetti principali delle strutture relazionali applicate nelle banche dati territoriali.

Breve rassegna di prodotti GIS in commercio, funzionalità e modalità operative. Algoritmi e tecniche di elaborazione dei dati geografici all'interno di un GIS. Tecniche di analisi spaziale in ambiente raster e/o vettoriale per applicazioni diverse (allocazione di risorse, gestione di reti stradali o tecnologiche, ecc.). Problematiche di standardizzazione e di interscambio dei dati.

Dalla progettazione alla organizzazione del Sistema Informativo Territoriale in un Ente pubblico; sviluppo di procedure specialistiche.

Il Catasto: storia e impianto cartografico. La Struttura Amministrativa del Catasto Italiano. L'Agenzia del Territorio e il decentramento del Catasto agli enti locali. Il Nuovo Catasto Terreni. Il catasto dei fabbricati (N.C.E.U.) ed il rapporto con il NCT. Le operazioni di aggiornamento. Aspetti normativi. Automazione del Catasto (Pregeo, DOCFA).

Esame: orale

Testi consigliati:

Materiale fornito dal docente

CAMBURSANO C., *Cartografia Numerica*. Ed. Progetto Leonardo, Bologna, 1997.

SELVINI A., GUZZETTI F., *Cartografia generale, tematica e numerica*, UTET, Milano, 1999.

FONDELLI M., *Cartografia numerica I*, Pitagora Ed., 2000.
BURROUGH P.A. & MCDONNELL R.A., *Principles of Geographical Information Systems*, Oxford University Press, 1998.
LONGLEY P.A., GOODCHILD M.F., MAGUIRE D.J., RHIND D.W., *Geographical Information Systems: principles, techniques management and applications*. Ed. John Wiley & Sons, New York, 1999.
LAURINI R. & THOMPSON D., *Fundamentals of Spatial Information Systems*, Academic Press, 1992.

CAVE E RECUPERO AMBIENTALE

BO, cds: R

Docente: **Paolo Berry** prof. ord.

L'Insegnamento fornisce i principi fondamentali per la progettazione, la gestione ed il controllo delle attività estrattive di minerali di 2ª categoria alla luce dei principi e di tutela della sicurezza e di rispetto dell'ambiente. Sono forniti i criteri economici, finanziari e di mercato. Gli aspetti fondamentali della progettazione, della gestione e del controllo sono affrontati mettendo in rilievo, con esempi ed applicazioni pratiche, l'importanza delle procedure di pianificazione, organizzazione e gestione dei processi e delle azioni elementari. Particolare attenzione viene rivolta ai metodi estrattivi ed alle tecniche di abbattimento (abbattimento meccanico, con esplosivi, ecc.), ai metodi per la valutazione della stabilità degli scavi minerari. Sono trattati gli aspetti relativi alla pianificazione delle attività estrattive ed i processi di valutazione ambientale e di ripristono delle cave esaurite. Sono descritte le cave per produzione di minerali industriali, di inerti di varia dimensione (granulati, blocchi, ecc.) e le cave di pietre ornamentali.

Programma

Cenni sui giacimenti di minerali di seconda categoria e di rocce ornamentali. Caratterizzazione dei prodotti oggetto di estrazione. Normazione della qualità dei materiali. Fattori che condizionano l'attività di scavo. Parametri geomeccanici e strutturali.

Metodi di coltivazione. Progetto di coltivazione alla luce dei principi di tutela della salute e sicurezza dei lavoratori e del rispetto delle componenti ambientali. Aspetti economici. Disegno dello scavo. Articolazione funzionale degli spazi operativi. Impianti e servizi vari. Metodi di coltivazione. Ottimizzazione tecnico-economica. Aspetti normativi e legislativi. Recupero delle aree dismesse e gestione degli sterili a sfridi di lavorazione.

Criteri di scelta progettuali per l'abbattimento con esplosivo. Taglio al monte nelle cave di roccia ornamentale. Abbattimento per prodotti informi. Profilature ed abbattimenti in prossimità di edifici e strutture da salvaguardare. Macchine e sistemi di perforazione. Tecniche di produzione con scavo meccanizzato. Impianti a filo diamantato, segatrice a catena dentata, cinghia diamantata, dischi. Disgregazione termica delle rocce dure. Prospettive di applicazione di tecnologie innovative. Fondamenti sperimentali e risultati industriali.

Movimentazione dei blocchi. Segagione, processi di trattamento delle rocce ornamentali. Tecniche di taglio in lastre. Operazioni di finitura e trattamento delle superfici. Lavorazioni speciali. Criteri di scelta e problemi gestionali.

Scavi di profilatura in roccia; scavi per fondazioni, consolidamenti; movimenti di terra per sistemazione di scarpate; bacini di contenimento degli sterili.

Procedure di valutazione dell'impatto ambientale.

Principi di pianificazione dell'attività estrattiva.

Metodi di ricomposizione ambientale.

Esercitazioni ed esame: Le esercitazioni consistono nell'analisi dei temi sviluppati a lezione. L'esame consiste in un colloquio nel quale viene valutata la preparazione dello studente anche attraverso la presentazione del lavoro svolto durante il tirocinio pratico e/o di un progetto sviluppato dallo studente individualmente.

Testi su cui si basano le lezioni

W. HUSTRULID, M. KUCHTA, *Open Pit Mine Planning and Design.*
AUTORI VARI, *Manual de Rocas Ornamentales.*
PER-ANDERS PERSSON, R. HOLMBERG, J. LEE, *Rock Blasting and Explosives Engineering.*
Articoli tecnici e scientifici specialistici
Apppunti redatti dal docente

Tesi di laurea: Sono prevalentemente a carattere applicativo.

CAVE E RECUPERO AMBIENTALE L **BO, cds: R**
Docente: **Paolo Berry** prof. ord.

L'Insegnamento fornisce i principi fondamentali per la progettazione, la gestione ed il controllo delle attività estrattive di minerali di 2a categoria alla luce dei principi e di tutela della sicurezza e di rispetto dell'ambiente. Sono forniti i criteri economici, finanziari e di mercato. Gli aspetti fondamentali della progettazione, della gestione e del controllo sono affrontati mettendo in rilievo, con esempi ed applicazioni pratiche, l'importanza delle procedure di pianificazione, organizzazione e gestione dei processi e delle azioni elementari. Particolare attenzione viene rivolta ai metodi estrattivi ed alle tecniche di abbattimento (abbattimento meccanico, con esplosivi, ecc.), ai metodi per la valutazione della stabilità degli scavi minerari. Sono trattati gli aspetti relativi alla pianificazione delle attività estrattive ed i processi di valutazione ambientale e di ripristino delle cave esaurite. Sono descritte le cave per produzione di minerali industriali, di inerti di varia dimensione (granulati, blocchi, ecc.) e le cave di pietre ornamentali.

Programma

Cenni sui giacimenti di minerali di seconda categoria e di rocce ornamentali. Caratterizzazione dei prodotti oggetto di estrazione. Normazione della qualità dei materiali. Fattori che condizionano l'attività di scavo. Parametri geomeccanici e strutturali. Metodi di coltivazione. Progetto di coltivazione alla luce dei principi di tutela della salute e sicurezza dei lavoratori e del rispetto delle componenti ambientali. Aspetti economici. Disegno dello scavo. Articolazione funzionale degli spazi operativi. Impianti e servizi vari. Metodi di coltivazione. Ottimizzazione tecnico-economica. Aspetti normativi e legislativi. Recupero delle aree dismesse e gestione degli sterili a sfridi di lavorazione.

Criteri di scelta progettuali per l'abbattimento con esplosivo. Taglio al monte nelle cave di roccia ornamentale. Abbattimento per prodotti informi. Profilature ed abbattimenti in prossimità di edifici e strutture da salvaguardare. Macchine e sistemi di perforazione. Tecniche di produzione con scavo meccanizzato. Impianti a filo diamantato, segatrice a catena dentata, cinghia diamantata, dischi. Disgregazione termica delle rocce dure. Prospettive di applicazione di tecnologie innovative. Fondamenti sperimentali e risultati industriali.

Movimentazione dei blocchi. Segagione, processi di trattamento delle rocce ornamentali. Tecniche di taglio in lastre. Operazioni di finitura e trattamento delle superfici. Lavorazioni speciali. Criteri di scelta e problemi gestionali.

Scavi di profilatura in roccia; scavi per fondazioni, consolidamenti; movimenti di terra per sistemazione di scarpate; bacini di contenimento degli sterili.

Procedure di valutazione dell'impatto ambientale.

Principi di pianificazione dell'attività estrattiva.

Metodi di ricomposizione ambientale.

Esercitazioni ed esame: Le esercitazioni consistono nell'analisi dei temi sviluppati a lezione. L'esame consiste in un colloquio nel quale viene valutata la preparazione dello studente anche attraverso la presentazione del lavoro svolto durante il tirocinio pratico e/o di un progetto sviluppato dallo studente individualmente.

Tesi di laurea: Sono prevalentemente a carattere applicativo.

Testi su cui si basano le lezioni

W. HUSTRULID, M. KUCHTA, *Open Pit Mine Planning and Design.*
AUTORI VARI, *Manual de Rocas Ornamentales.*
PER-ANDERS PERSSON, R. HOLMBERG, J. LEE, *Rock Blasting and Explosives Engineering.*
Articoli tecnici e scientifici specialistici.
Apppunti redatti dal docente.

CHIMICA L **RA, cds: TR**

Docente: **Corrado Berti** prof. straord.

Finalità del corso

Il corso si propone di fornire i principi di base della Chimica, con l'intento di conseguire i seguenti obiettivi specifici: comprendere il linguaggio degli argomenti chimici; comprendere il significato di una reazione chimica ed effettuare calcoli stechiometrici; descrivere le caratteristiche chimico-strutturali della materia nei diversi stati di aggregazione; essere in grado di correlare la struttura chimica dei materiali alle loro proprietà; comprendere gli aspetti energetici e cinetici della trasformazioni chimiche.

Contenuti del corso

Struttura e proprietà della materia: struttura atomica, struttura elettronica, sistema periodico, legame chimico; stati di aggregazione della materia: solidi, liquidi e gas.

Nomenclatura e principali classi di composti inorganici.

La reazione chimica e calcoli stechiometrici; elementi di termochimica; equilibrio chimico e rendimento di una reazione.

Equilibri tra fasi diverse: introduzione ai diagrammi di stato.

Le soluzioni e le loro proprietà: concentrazione, acidità, basicità e pH.

Cinetica chimica.

Cenni di chimica organica.

Testi Consigliati:

P.W. ATKINS, L. JONES, *Chimica generale*, Zanichelli, Bologna.
R.A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di chimica per ingegneria*, CEDAM, Padova.

S.S. ZUMDAHL, *Chimica*, Zanichelli, Bologna
Per l'autovalutazione e per l'ausilio nella risoluzione degli esercizi:
R.A. MICHELIN, M. MOZZON, A. MUNARI, *Test ed esercizi di chimica*, CEDAM, Padova.
P. MANARESI, E. MARIANUCCI, *Problemi di chimica per ingegneria*, Esculapio, Bologna.

CHIMICA L **BO, cds: C**
Docente: **Maurizio Fiorini** prof. ass.

La struttura atomica della materia. La materia: atomi e molecole. Pesi atomici relativi e assoluti; l'unità di massa atomica. La mole ed il numero di Avogadro. La struttura dell'atomo: il modello di Rutherford.

Il nucleo atomico. Il numero atomico e il numero di massa; gli isotopi. Nuclidi stabili e radionuclidi; cenni sul decadimento radioattivo e sulle emissioni α, β^-.

La struttura elettronica degli atomi. La struttura elettronica nello stato fondamentale dei principali elementi. Gli elementi e la moderna classificazione periodica. Le principali proprietà periodiche.

Il legame chimico. Il concetto di legame chimico e di energia di legame. I vari tipi di legame chimico. Il legame ionico e l'energia reticolare. Proprietà dei composti ionici. Il legame covalente: legami semplici e legami multipli: legami di tipo σ e di tipo π. Le formule di struttura e il loro significato. Legami polari; molecole polari ed apolari. Il legame metallico: proprietà principali dei solidi metallici; il modello a bande nei solidi. Conduttori, isolanti e semiconduttori. I legami deboli.

Le reazioni chimiche. L'equazione stechiometrica e il suo significato; bilanciamento delle equazioni stechiometriche. La nomenclatura IUPAC per i composti inorganici più comuni.

Gli stati di aggregazione della materia. Lo stato gassoso: l'equazione di stato dei gas perfetti. Cenni alla teoria cinetica dei gas e alla legge di distribuzione delle velocità molecolari. Cenni ai gas reali.

Lo stato liquido: la pressione di vapore e la temperatura di ebollizione. La solubilità di un gas in un liquido e sua dipendenza da pressione e temperatura. Solubilità di un solido in un liquido. Le soluzioni: i diversi modi di esprimerne la composizione.

Lo stato solido: solidi amorfi e solidi cristallini; il reticolo cristallino e la cella elementare. I sistemi cristallografici e i vari tipi di celle elementari. Le strutture cristalline compatte: EC, CCC, CFC. Le strutture compatte nei solidi metallici e ionici. Allotropia e polimorfismo; isomorfismo. Le caratteristiche principali dei vari tipi di solidi cristallini (metallici, ionici, molecolari, covalenti, a strati e catene).

Termochimica: definizione di sistema termodinamico e variabili di stato. Il primo principio: equivalenza tra lavoro e calore; l'energia interna e l'entalpia. Termochimica: le equazioni termochimiche; entalpie standard di reazione, di formazione e di combustione. La legge di Hess e sue applicazioni.

Soluzioni acquose: gli acidi e le basi: equilibri ionici in soluzione: l'autoprotolisi dell'acqua. La scala del pH. Acidi e basi secondo Brönsted e Lowry. Forza degli acidi e delle basi. Il calcolo del pH di soluzioni di acidi e basi.

Equilibri fra fasi diverse: la regola delle fasi e la sua applicazione in casi semplici. Gli equilibri liquido-vapore, solido-vapore e solido-liquido: interpretazione delle relative curve nel diagramma di stato di un componente puro. I diagrammi di stato dell'acqua e dell'anidride carbonica. Cenni alle proprietà colligative delle soluzioni. Equilibri tra fasi condensate: diagrammi di stato a più componenti.

Testi consigliati

R.A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di Chimica per le Tecnologie* - CEDAM, Padova, I Ed. (2002).
P.W. ATKINS, L. JONES, *Principi di Chimica*, Zanichelli, Bologna (2002).
P. SILVESTRONI, *Fondamenti di Chimica*, Veschi, Milano.
S.S. ZUMDAHL, *Chimica*, Zanichelli, Bologna.

Per l'autovalutazione e per l'ausilio nella risoluzione degli esercizi:

R.A. MICHELIN, M. MOZZON, A. MUNARI, *Test ed Esercizi di Chimica* - CEDAM, Padova, II Ed. (1998).
P. MANARESI, E. MARIANUCCI, *Problemi di Chimica per Ingegneria* - Esculapio, Bologna (1997).

Modalità d'esame: prova scritta. Prova orale facoltativa.
Iscrizione nelle liste d'esame predisposte sul sito UNIWEX

CHIMICA **BO, cds: M**

Docenti: **Andrea Munari** prof. straord.
Martino Colonna ric.

La struttura atomica della materia. Le configurazioni elettroniche degli atomi e la moderna classificazione periodica degli elementi. I vari tipi di legame chimico: legame ionico, covalente e metallico. I legami deboli. L'equazione stechiometrica e il suo significato. La nomenclatura dei composti inorganici ed organici più comuni. Le reazioni di ossidoriduzione e loro bilanciamento. Calcoli stechiometrici.

Lo stato gassoso: l'equazione di stato dei gas perfetti. Le miscele di gas ideali. Cenni al comportamento dei gas reali. La temperatura critica. Lo stato liquido. L'equilibrio liquido-vapore: la pressione di vapore e la temperatura di ebollizione. Le soluzioni ed il modo di esprimerne la composizione. Lo stato solido: il reticolo cristallino ed i diversi tipi di celle elementari. Le caratteristiche dei solidi metallici; cenni ai solidi ionici, molecolari, covalenti. La regola delle fasi ed i diagrammi di stato di una sostanza pura. Principali tipi di diagrammi di stato a due componenti

Termochimica; la legge di Hess. L'equilibrio chimico: le espressioni della costante di equilibrio per sistemi gassosi ideali ed il calcolo della composizione all'equilibrio. Lo spostamento dell'equilibrio.

Equilibri ionici in soluzione. Soluzioni acide, neutre e basiche: il pH di una soluzione.

Fondamenti di Elettrochimica.

Testi Consigliati:

R.A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di chimica per le tecnologie*, I edizione, Cedam, Padova, (2002).
R.A. MICHELIN, M. MOZZON, A. MUNARI, *Test ed esercizi di chimica*, III edizione, Cedam, Padova, (2000)

CHIMICA APPLICATA L **BO, cds: Q**

Docente: **Andrea Saccani** prof. ass.

Programma

Acque Caratteristiche chimico-fisiche. Sostanze disciolte. Potere incrostante e cor-ro-sivo. Re-quisiti generali delle acque in base al loro utilizzo.

Combustibili Classificazione e caratteristiche generali: potere calorifico inferiore e superiore e punto di infiammabilità. Prodotti della distillazione frazionata del petrolio.

Classificazione dei materiali per l'ingegneria: aspetti chimici e tecnologici. Mi-cro-struttura.

Testi consigliati

Carattere generale:
G. RINALDI, *Materiali e Chimica Applicata*, Siderea (Roma).
E. MARIANI, *Chimica Applicata e Industriale*, vol 1 e 2, UTET (Torino).
WULFF J., *Struttura e proprietà dei materiali*, Vol 1, Ambrosiana (Milano).

Combustibili:
C. GIAVARINI, A. GIRELLI, *La raffinazione del petrolio*, ESA (Milano).
V. GOTTARDI, *I combustibili*, Patron (Padova).

CHIMICA E TECNOLOGIA DEL RESTAURO E DELLA CONSERVAZIONE DEI MATERIALI **BO, cds: D**

Docenti: **Franco Sandrolini** prof. ord.
Franzoni Elisa ric.

Il corso si propone di fornire alla figura professionale dell'ingegnere edile-architetto uno strumento operativo unitario per l'impiego corretto dei materiali negli interventi di restauro e di conservazione delle costruzioni antiche.

Programma

Le tecniche diagnostiche (distruttive e non distruttive) per la caratterizzazione dei materiali antichi da costruzione e dei loro prodotti di trasformazione nel tempo. Valutazione dei risultati diagnostici ai fini del restauro e della conservazione dei materiali. Casi ed esperienze. Normativa. (20 ore di lezione e 40 di laboratorio)

I materiali degli edifici storici e l'ambiente. Cenni alla loro evoluzione storica e tecnologica. Classificazione e microstruttura. Inquinanti e meccanismi fisici, chimici e biologici del degrado dei materiali. Ruolo dell'umidità nei processi di degrado. Manutenzione, pulitura delle superfici e principi della conservazione dei materiali antichi nell'architettura. Casi ed esperienze. Normativa.

Materiali e tecnologie per il restauro ed il consolidamento superficiale e strutturale. Valutazione della compatibilità fisica, chimica e biologica dei materiali con lo stato edilizio dei manufatti. Materiali protettivi e consolidanti. Tecnologie di applicazione e criteri di valutazione ai fini dell'intervento di restauro. Compatibilità filologica dei materiali nel restauro (anastilosi ricostruttiva razionale). Normativa. Capitolati e collaudi. (40 ore di lezione e 20 di laboratorio)

Esercitazioni: applicazioni numeriche in aula; complementi al corso.

Laboratorio (60 ore): sperimentazione delle procedure diagnostiche di caratterizzazione in laboratorio o in situ (completate da eventuali visite in cantiere); valutazione dei risultati; prove e

controlli sui materiali per restauro; compatibilità ecologica; seminari coordinati all'interno del laboratorio progettuale con altri insegnamenti.

Esame: prova orale, preceduta dallo svolgimento di un elaborato tecnico a finalità applicativa assegnato dal docente, la cui valutazione concorre alla valutazione finale orale. Fogli ufficiali per le liste vengono affissi all'albo del Dipartimento di Chimica applicata e Scienza dei materiali il giorno precedente a quello degli appelli.

Testi consigliati:

G. G. AMOROSO, V. FASSINA, *Stone decay and conservation: atmospheric pollution, cleaning, consolidation and protection*, Elsevier (1983).
C. MONTAGNI, *Materiali per il restauro e la manutenzione*, UTET (2000).
U. MENICALI, *I materiali dell'edilizia storica*, NIS (1992).
Norme Tecniche NORMAL (altre norme e letteratura vengono segnalate a lezione).

Propedeuticità consigliate: Tecnologia dei materiali e chimica applicata.

Tesi di laurea: su tutti gli argomenti del corso con finalità applicative e pratiche, anche in collaborazione con altri docenti del CdL.

CHIMICA FISICA DEI MATERIALI SOLIDI **BO, cds: L**

Docente: **Renato Colle** prof. ord.

Fondamenti di Meccanica Quantistica. Applicazioni a sistemi atomici e molecolari e di stato solido

Principi generali della Meccanica quantistica e formalismo matematico

Misure, osservabili, spazi dei ket e dei bra, operatori lineari, teoria delle rappresentazioni (matriciale, delle coordinate, degli impulsi e loro relazioni). Postulati della Meccanica quantistica e loro interpretazione fisica. Principio di intederminazione. Principio di sovrapposizione e sue implicazioni fisiche. Applicazione dei postulati a sistemi a due livelli. Oscillatore armonico: trattazione classica e quantistica, oscillatori armonici accoppiati, calori specifici, fononi, fotoni. Dinamica quantistica: evoluzione temporale, equazione di Schroedinger e sue implicazioni fisiche, rappresentazioni di Heisenberg e di interazione, equazioni del moto e teorema di Ehrenfest, ampiezze di correlazione, teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo. Teoria dell'interazione radiazione-materia.

Teoria dei momenti angolari e della simmetria

Rotazioni: trattazione classica e quantistica. Operatori di momento angolare: autovettori, autovalori, formalismo matriciale, composizione di momenti angolari. Lo spin e le interazioni col campo magnetico. Simmetrie: leggi di conservazione, degenerazioni, simmetrie discrete, parità, inversione, traslazioni in un reticolo, permutazioni di particelle identiche.

Meccanica quantistica ondulatoria

Equazioni d'onda e interpretazione fisica della funzione d'onda. Teoria dei pacchetti d'onda. Moto di una particella in potenziali modello. Approssimazione semiclassica e limite classico della meccanica quantistica. Introduzione alla teoria delle funzioni di Green.

Meccanica quantistica di sistemi atomici e molecolari

Particella in un campo centrale. Sistemi a due particelle: atomi idrogenoidi e molecola biatomica. Principio di esclusione di Pauli, configurazione elettronica e determinante di Slater, atomo di elio. Metodi di approssimazione: teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo e sue applicazioni a effetto Stark e Zeeman, metodo variazionale e metodo di Hartree-Fock, problema della correlazione elettronica. Elementi di teoria degli urti.

Applicazioni della meccanica quantistica a sistemi cristallini

Proprietà generali dei solidi. Proprietà geometriche di un cristallo, reticolo diretto e reciproco. Simmetrie puntuali e gruppi puntuali. Strutture cristallografiche. Diffrazione da strutture periodiche. Gas di elettroni liberi. Equazione di Schroedinger nello spazio dei momenti. Teorema di Bloch e condizioni di periodicità. Teoria delle bande elettroniche nei solidi.

Testi consigliati

C. COHEN-TANNOUDJI, B. DIU, F. LALOE, *Quantum Mechanics*, ed.Wiley.
J.J. SAKURAI, *Meccanica Quantistica Moderna*, ed. Zanichelli.
G. GROSSO and G. PASTORI PARRAVICINI, *Solid State Physics*, ed. Springer.

CHIMICA FISICA DEI MATERIALI SOLIDI LS B **BO, cds: L**

Docente: **Renato Colle** prof ord.

Chimica Fisica delle Superfici e delle Interfacce. Applicazioni ai Sensori

Processi alle superfici solide

Crescita e struttura delle superfici; adsorbimento alle superfici; mobilità superficiale e desorbimento; isoterme di adsorbimento; attività catalitica alle superfici.

Tecniche di analisi superficiale

Cristallografia di superfici, diffrazione elettronica, spettroscopie fotoelettroniche (XPS, Auger, UPS) e vibrazionali; ion scattering, atomic and molecular beam scattering.

Elementi di termodinamica statistica

Stati di un sistema ideale, entropia e temperatura, distribuzione di Boltzmann ed energia libera di Helmholtz, irraggiamento termico e distribuzione di Planck, potenziale chimico e distribuzione di Gibbs. Gas perfetti. Gas di Fermi e gas di Bose. Calore e lavoro. Energia libera di Gibbs e reazioni chimiche. Trasformazioni di fase. Teoria cinetica.

Termodinamica delle superfici

Tensione superficiale ed energia superficiale; pressione all'interfaccia: superficie geometrica di separazione secondo Gibbs, equazione di Laplace-Young, pressione attraverso una superficie sferica; equazione di Gibbs per l'adsorbimento: adsorbimento da soluzioni binarie e ternarie, relazioni tra adsorbimento, concentrazione e tensione superficiali; energia libera standard in strati superficiali; regola di Traube; equazione di stato per strati superficiali; pellicole superficiali insolubili e micelle.

Elementi di Elettrochimica

Processi agli elettrodi, doppio strato all'interfaccia, velocità di trasferimento di carica, densità di corrente, polarizzazione; evoluzione e deposito agli elettrodi, corrente e f.e.m. di cella; corrosione e inibizione della corrosione.

Sensori chimici e biologici

Sensori e trasduttori, caratteristiche di un sensore ideale; elettrodi e optodi ione-selettivi; metodi amperometrici di detezione; sensori chimici ottici; biomateriali per biosensori.

Testi consigliati

P.W. ATKINS, *Physical Chemistry*, ed Oxford University Press.
G.K. VERMULAPALLI, *Chimica Fisica*, ed EdiSES.
J.A.V. BUTLER, *Chemical Thermodinamics*, ed Macmillan.
D. DIAMOND, *Principle of Chemical and Biological Sensors*, ed Wiley.
C. KITTEL and H. KROEMER, *Termodinamica Statistica*, ed. Boringhieri.

CHIMICA INDUSTRIALE

BO, cds: R, Q

Docente: **Carlo Stramigioli** prof. ass.

Nell'Insegnamento vengono studiati alcuni processi industriali chimici esemplificativi, di cui vengono esaminati gli aspetti più significativi: chimici, termodinamici, cinetici, costruttivi, impiantistici, economici, ecologici. Tale studio comporta l'impiego delle diverse conoscenze acquisite dallo studente nei corsi fondamentali del piano degli studi in Ingegneria Chimica, nonché di criteri elementari di scelta dei processi di separazione, illustrati nella prima parte dell'insegnamento. Viene anche presentato un quadro generale sulla struttura e le caratteristiche dell'industria chimica in generale e dell'industria chimica italiana in particolare.

Parte I. Struttura e caratteristiche dell'industria chimica. Materie prime per l'industria chimica inorganica e organica. Linee di lavorazione. Carbochimica e petrolchimica. Gigantismo, integrazione, localizzazione. Chimica primaria, derivata, secondaria.

Industria chimica italiana. Struttura della produzione. *Termodinamica chimica.* Richiami. Attuabilità di una reazione chimica. Lavoro minimo.

Processi di separazione. Classificazione. Lavoro di separazione di una miscela. Analisi delle cause di perdita per una colonna di distillazione. Distillazione estrattiva e azeotropica. Adsorbimento. Criteri di scelta.

Parte II. Gas di sintesi. Ossidazione parziale di idrocarburi. Reforming con vapore acqueo di metano e idrocarburi liquidi vaporizzabili. Reforming secondario. Conversione del CO. Purificazione (diossido di carbonio, composti solforati, CO residuo): principali procedimenti e processi.

Sintesi dell'ammoniaca. Termodinamica della reazione, catalizzatori, reattori. Compressione dei gas, separazione del prodotto. Principali processi. *Acido nitrico.* Ossidi di azoto: dagli elementi per ossidazione di ammoniaca. Ossidazione di NO; dimerizzazione; assorbimento. Processo Montedison a media pressione. Concentrazione dell'acido. Inquinamento da ossidi di azoto.

Acido solforico. Arrostimento piriti; depurazione della corrente; conversione; assorbimento. Schema di impianto. Inquinamento da gas solforosi. Ottenimento di zolfo da solfuro di idrogeno: processo Claus.

Acido fosforico. Attacco delle fosforiti, filtrazione. Ossidazione di fosforo e successiva idratazione.

Fertilizzanti. Classificazione e mercato. Granulazione e prilling. Solfato e nitrato d'ammonio. Urea: aspetti termodinamici e cinetici; processi Montedison e Snam Progetti. Superfosfato. Sali potassici. *Soda Solvay*. Discussione termodinamica. Bicarbonato sodico: produzione, filtrazione, decomposizione. Recupero dell'ammoniaca. Schema completo d'impianto.

Processi elettrotermici. Produzione di carburo di calcio e di fosforo.

Cloro/soda. Serie elettrochimica degli elementi, rendimenti. Elettrodi. Celle a diaframma, ad amalgama, a membrana. Impieghi della soda elettrolitica e del carbonato sodico.

Frazionamento dell'aria. Cicli termodinamici di liquefazione: Linde semplice, a doppia espansione; Claude. Analisi delle cause di perdita; efficienza dei cicli. Colonna doppia di Linde. Scambiatori di calore e rigeneratori. Schemi completi di impianto. Recupero di gas rari.

Analisi delle linee di produzione di alcune delle principali commodities dell'industria chimica organica.

Testi consigliati:

I. PASQUON, *Chimica Industriale I*, CittàStudi, Milano.
G. NATTA, I. PASQUON, *Principi della chimica industriale*, vol. I, CittàStudi, Milano.
G. NATTA, I. PASQUON, P. CENTOLA, *Principi della chimica industriale*, vol. II, CittàStudi, Milano.
I. PASQUON, G. GUERRERI, *Principi della chimica industriale*, vol. III, CittàStudi, Milano.
I. PASQUON, G.F. PREGAGLIA, *Principi della chimica industriale*, vol. V, CittàStudi, Milano.

Esame: Prova scritta concernente bilanci di materia ed energia, calcoli sull'equilibrio chimico omogeneo ed eterogeneo, valutazioni economiche. Discussione orale di processi industriali.

Propedeuticità consigliate: si veda quanto detto nelle premesse.

Tesi di laurea. Analisi di processi industriali. Confronto e valutazione di alternative di processo e/o impianto.

CHIMICA L **BO, cds: C**

Docente: **Maurizio Fiorini** prof. ass.

La struttura atomica della materia. Atomi e molecole. Pesi atomici relativi e assoluti; l'unità di massa atomica. La mole ed il numero di Avogadro. La struttura dell'atomo. Nucleo atomico e radioattività.

La struttura elettronica degli atomi. La struttura elettronica dei principali elementi e correlazione con le proprietà chimiche. Gli elementi e la moderna classificazione periodica. Le principali proprietà periodiche.

Il legame chimico. Il concetto di legame chimico e di energia di legame. Legame ionico e proprietà dei composti ionici. Il legame covalente: legami semplici e legami multipli: legami di tipo sigma e pi-greco Le formule di struttura e il loro significato. Legami polari; molecole polari ed apolari. Il legame metallico: proprietà principali dei solidi metallici; il modello a bande nei solidi. I legami deboli.

Le reazioni chimiche. Equazione stechiometriche e loro significato; bilanciamento delle equazioni stechiometriche. Il calcolo del rendimento di una reazione. La nomenclatura IUPAC per i composti inorganici più comuni.

Gli stati di aggregazione della materia. Lo stato gassoso: le leggi classiche dei gas e l'equazione di stato dei gas perfetti. Cenni al gas reali. Lo stato liquido: la pressione di vapore e la temperatura di ebollizione, tensione interfacciale e viscosità. Le soluzioni: i modi di esprimerne la composizione; solubilità di un gas in un liquido: la dipendenza da pressione e temperatura. Solubilità di un solido in un liquido. Lo stato solido: solidi amorfi e solidi cristallini; il reticolo cristallino e la cella elementare. I sistemi cristallografici e i vari tipi di celle elementari. Le strutture cristalline compatte: EC, CFC, CCC. Le strutture compatte nei solidi metallici e ionici. Allotropia e polimorfismo; isomorfismo. Le caratteristiche principali dei vari tipi di solidi cristallini (metallici, ionici, molecolari, covalenti, a strati e catene).

Termochimica. sistema termodinamico e variabili di stato. Il primo principio: equivalenza tra lavoro e calore; l'energia interna e l'entalpia. Le equazioni termochimiche: entalpie standard di reazione, di formazione e di combustione. La legge di Hess e sue applicazioni.

Le soluzioni acquose. L'autoprotolisi dell'acqua, la scala del pH, gli acidi e le basi. Acidi e basi secondo Brönsted e Lowry. Forza degli acidi e delle basi. Applicazioni al calcolo del pH di soluzioni di acidi e basi.

Equilibri fra fasi diverse. La regola delle fasi e la sua applicazione in casi semplici. Diagrammi di stato di un componente puro: l'acqua e l'anidride carbonica. Sistemi a due componenti: cenni alle proprietà colligative delle soluzioni. Equilibri tra fasi condensate: diagrammi di stato a due componenti.

Modalità di svolgimento dell'esame: prova scritta.
Iscrizione nelle liste d'esame predisposte sul sito UNIWEX

Testi consigliati

Informazioni dettagliate sugli argomenti trattati lezione per lezione e materiale didattico di supporto verranno resi disponibili nelle pagine web del corso raggiungibili dal sito del DICASM: http://tori.ing.unibo.it/DICASM/dicasm.htm

R.A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di chimica per le tecnologie*, I edizione, CEDAM, Padova, 2002.
P.W. ATKINS, L. JONES, *Principi di chimica*, Zanichelli Bologna, 2002.
P. SILVESTRONI, *Fondamenti di chimica*, Veschi, Milano.
S.S. ZUMDAHL, Chimica, Zanichelli, Bologna.
Per l'autovalutazione e per l'ausilio nella risoluzione degli esercizi:
R.A. MICHELIN, M. MOZZON, A. MUNARI, Test ed esercizi di chimica, CEDAM, Padova.
P. MANARESI, E. MARIANUCCI, *Problemi di chimica per ingegneria*, Esculapio, Bologna.

CHIMICA L **CE, cds: dud**
Docente: **Maurizio Fiorini** prof. ass.

Finalità del corso

Il corso si propone di fornire i principi di base della Chimica, con l'intento di conseguire i seguenti obiettivi specifici: comprendere il linguaggio degli argomenti chimici; comprendere il significato di una reazione chimica ed effettuare calcoli stechiometrici; descrivere le caratteristiche chimico-strutturali della materia nei diversi stati di aggregazione; essere in grado di correlare la struttura chimica dei materiali alle loro proprietà; comprendere gli aspetti energetici e cinetici della trasformazioni chimiche.

Contenuti del corso

Struttura e proprietà della materia: struttura atomica, struttura elettronica, sistema periodico, legame chimico; stati di aggregazione della materia: solidi, liquidi e gas.

Nomenclatura e principali classi di composti inorganici.

La reazione chimica e calcoli stechiometrici; elementi di termochimica; equilibrio chimico e rendimento di una reazione.

Equilibri tra fasi diverse: introduzione ai diagrammi di stato.

Le soluzioni e le loro proprietà: concentrazione, acidità, basicità e pH.

Cinetica chimica.

Cenni di chimica organica.

Modalità d'esame: prova scritta. Prova orale facoltativa.
Iscrizione nelle liste d'esame predisposte sul sito UNIWEX.

Testi consigliati

P.W. ATKINS, L. JONES, *Principi di chimica*, Zanichelli Bologna, 2002.
R.A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di chimica per le tecnologie*, I edizione, CEDAM, Padova, 2002.
S.S. ZUMDAHL, Chimica, Zanichelli, Bologna.

Per l'autovalutazione e per l'ausilio nella risoluzione degli esercizi:
R.A. MICHELIN, M. MOZZON, A. MUNARI, Test ed esercizi di chimica, CEDAM, Padova.
P. MANARESI, E. MARIANUCCI, *Problemi di chimica per ingegneria*, Esculapio, Bologna.

CHIMICA ORGANICA L **BO, cds: Q, V**

Docente: **Leonardo Marchetti** prof. ord.

L'oggetto e l'importanza scientifica ed industriale della Chimica Organica.

Le formule dei composti organici e la loro rappresentazione grafica.

La classificazione dei composti organici. Le nomenclature d'uso e la nomenclatura razionale IUPAC dei composti organici.

Gli idrocarburi alifatici e gli idrocarburi aromatici: struttura, nomenclatura, proprietà fisiche, preparazione e reattività.

L'isomeria in Chimica Organica: isomeria strutturale e stereoisomeria; le nomenclature R, S ed E, Z.

Le reazioni organiche e le loro classificazioni. Richiami di termodinamica e di cinetica chimica. Il meccanismo delle reazioni organiche: principi generali ed aspetti termodinamici e cinetici. Gli effetti induttivi, di risonanza e sterici.

I composti eterociclici, aromatici e non aromatici (cenni).

I composti organici alogenati. Gli alcoli e i fenoli. Gli eteri e gli epossidi. I tioli, i tioeteri e gli altri derivati organici dello zolfo. Le ammine e gli altri composti organici azotati. Le aldeidi ed i chetoni. Gli acidi carbossilici ed i loro derivati. I composti organici polifunzionali.

I Polimeri: Definizione, caratteristiche e importanza. L'unità monomerica (CRU) e la macromolecola. La polimerizzazione per poliaddizione e per policondensazione: cenno ai rispettivi meccanismi.

Il grado di polimerizzazione, il peso molecolare e la distribuzione dei pesi molecolari. Omopolimeri e copolimeri: i diversi tipi di copolimeri.

Macromolecole lineari, ramificate e reticolate. Strutture amorfe e strutture cristalline.

Cenno alle relazioni tra la struttura delle macromolecole e le proprietà dei polimeri. L'isomeria e la conformazione delle macromolecole: i legami intercatena.

Le classificazioni dei polimeri ed i polimeri più importanti.

Le Biomolecole: I Lipidi (o Grassi): Caratteristiche e loro importanza biologica, nell'alimentazione ed industriale. Le funzioni biologiche dei lipidi. Lipidi semplici e Lipidi complessi. I Gliceridi e la loro composizione.

I saponi - Cenno ai detergenti sintetici.

I Glucidi (o Zuccheri): Struttura e loro importanza biologica, nell'alimentazione ed industriale. Nomenclatura e classificazione. Glucidi semplici e Glucidi complessi. Proprietà fisiche. Potere rotatorio. Strutture cicliche e mutarotazione.

I glucidi più importanti: monosaccaridi e polisaccaridi di maggiore interesse industriale ed ambientale: cellulosa, amido, glicogeno.

I Protidi (o Proteine): Struttura e loro importanza biologica, nell'alimentazione ed industriale.. Gli _-amminoacidi: struttura chimica, proprietà chimiche e stereochimiche. La condensazione degli amminoacidi ed il legame peptidico.

I Peptidi ed i Protidi (o proteine): funzione biologica e struttura: primaria, secondaria, terziaria e quaternaria. Le proprietà e la classificazione delle proteine.

Gli Acidi Nucleici: loro natura ed importanza nella conservazione e trasmissione dei caratteri genetici. La struttura dei nucleotidi, dei nucleosidi e degli acidi nucleici, DNA e RNA. La struttura primaria e secondaria del DNA. La doppia elica. La sequenza delle basi.

La duplicazione del DNA - La Trascrizione - La Traduzione (cenni).

La Tossicità delle Sostanze Chimiche: Sostanze tossiche, nocive, pericolose. La classificazione della tossicità. Effetti acuti, cronici, locali, sistemici. Tossicità per contatto, per ingestione, per inalazione, per iniezione. Fattori che influenzano la tossicità. La valutazione e la quantificazione della tossicità.

I rischi derivanti da agenti fisici.

L'inquinamento dell'ambiente di lavoro, dell'aria, delle acque e dei terreni. La valutazione della qualità ambientale. I principi della protezione sanitaria.

Testi consigliati

Chimica Organica:

C. Di Bello, *Principi di Chimica Organica*, Ed. Decibel, Padova.
H. Hart, *Chimica Organica*, Ed. Zanichelli, Bologna.
J. Kice e E. Marvell, *Principi di Chimica Organica*, Ed. Piccin, Padova.
J. McMurray, *Fondamenti di Chimica Organica*, Ed. Zanichelli, Bologna.

Biochimica:

A. L. Lehninger, D. L. Nelson e M. M. Cox, *Introduzione alla Biochimica*, Ed. Zanichelli, Bologna.

Testi di consultazione

N. L. Allinger et al., *Chimica Organica*, Ed. Zanichelli, Bologna, o altri testi equivalenti.

D. L. NELSON e M. M. COX, *I Principi di Biochimica di Lehninger*, Ed. Zanichelli, Bologna.
N. I. SAX, *Dangerous Properties of Industrial Materials*, Ed. Van Nostrand, New York.
Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, J. Wiley and Sons, New York.

Modalità d'esame

La prova finale d'esame è orale: per esservi ammessi è necessario superare preliminarmente una prova scritta.

CINETICA E CONTROLLO DEI REATTORI NUCLEARI — BO, cds: N

Docente: **Tullio Trombetti** prof. ord.

Il corso ha lo scopo di fornire gli elementi fondamentali relativi alla dinamica neutronica e agli altri aspetti del comportamento dinamico del reattore nucleare, ai meccanismi di interazione fra i principali fattori che intervengono nella determinazione di tale comportamento (cinetica neutronica, controreazioni di reattività dovute ai più importanti effetti fisici, sistema di controllo...), allo studio delle escursioni di potenza che interagisce con le problematiche di sicurezza trattate in altri corsi.

Contenuto del corso

Reazione di fissione a catena controllata e parametri cinetici. Vita media e coefficiente di moltiplicazione effettivo. Derivazione integrale delle equazioni della cinetica neutronica secondo il modello puntiforme. Proprietà e metodologie di risoluzione.

Metodi statici e dinamici per la determinazione sperimentale di reattività. Calibrazione di barre di controllo di un reattore nucleare, Problemi di cinetica a reattività variabile.

Leggi di controreazione di reattività. Escursioni di potenza con inserimenti di reattività a gradino e a rampa. Altri transitori e risposte dinamiche tipiche.

Funzioni di trasduzione dei reattori nucleari, Analisi di stabilità lineare: effetto dei neutroni ritardati.

Sistemi di controllo per reattori nucleari. Controllo del reattore nucleare durante l'avviamento e a bassa potenza. Controllo e funzionamento a piena potenza. Il problema dello Xeno.

Cinetica spazio-energetica. Teoria delle perturbazioni e calcolo delle perturbazioni di reattività. Riderivazione della cinetica puntiforme col metodo adiabatico. Revisione del significato e utilizzazione dei parametri cinetici da un punto di vista avanzato.

Teoria e calcolo degli elementi di controllo.

Testi consigliati:

T. TROMBETTI, *Introduzione alla cinetica neutronica*, CLUEB.
T. TROMBETTI, *Elementi di controllo del reattore nucleare*, CNEN.
K.O. OTT, R.J. NEUHOLD, *Introductory Nuclear Reactor Dynamics*, ANS 1985.
D.L. HETRICK, *Dynamics of nuclear reactors*, University Press, Chicago.
M.A. SCHULTZ, *Control of nuclear reactors and power plants*, McGraw-Hill, N.Y.

CIRCUITI ELETTRONICI ANALOGICI LA

BO, cds: L

Docente: **Antonio Gnudi** prof. ass.

Finalità del corso

Conoscenze di base per l'analisi dei circuiti elettronici analogici.

Programma del Corso

Segnali e loro elaborazione tramite circuiti elettrici: generalità, metodi matematici per l'analisi dei circuiti lineari tempo-invarianti, funzioni di trasferimento, componenti dei circuiti lineari, bipoli, doppi bipoli, funzioni di rete, doppi bipoli amplificatori e loro connessione, stabilità.

Dispositivi elettronici come componenti non lineari: diodo a giunzione, transistore bipolare a giunzione, descrizione del comportamento elettrico e modelli compatti elementari.

Analisi di circuiti non lineari e punto di riposo, applicazione ad alcuni esempi notevoli: specchi di corrente, generatori di corrente, coppia differenziale.

Il regime di piccoli segnali: linearizzazione e circuiti equivalenti per piccoli segnali dei dispositivi elettronici introdotti, stadi amplificatori elementari, amplificatori a più stadi, amplificatori differenziali, stabilità dei punti di riposo.

Retroazione nei circuiti elettronici. amplificatori operazionali come componenti elettronici e circuiti operazionali.

Testi consigliati

P.U. CALZOLARI, S. GRAFFI, *Elementi di elettronica*, Ed. Zanichelli.
P.R. GRAY, R.G. MEYER, *Circuiti integrati analogici*, Ed. McGraw-Hill.

CIRCUITI ELETTRONICI ANALOGICI L

BO, cds: T

Docente: **Sergio Graffi** prof. ord.

Approssimazione e cifre significative di un dato numerico, notazione scientifica e notazione ingegneristica, sottomultipli e multipli delle unità di misura. Richiami e complementi sull'uso dei metodi trasformazionali nell'analisi dei circuiti lineari, sulle funzioni di trasferiemnto, sulle curve di risposta. Circuiti elettr(on)ici. Circuiti fisici, modelli matematici, progetto e analisi, componenti. Descrizioni dei modelli di circuiti: grafica (schemi elettrici) e alfanumerica (netlist). Nodo di riferimento, equazioni nodali dei circuiti. Bipoli, bipoli notevoli: generatori indipendenti, resistori, condensatori, induttori, generatori dipendenti. Segnali e piccoli segnali, valori di riferimento o di polarizzazione, polarizzazioni costanti, stati di riposo. Linearizzazione delle relazioni costitutive dei bipoli notevoli, parametri differenziali. Modelli del diodo a giunzione come resistore anomalo, proprietà e applicazioni ai principali circuiti raddrizzatori. Amplificazione, doppi bipoli autonomi e loro relazioni costitutive, principali matrici dei doppi bipoli autonomi lineari; doppi bipoli notevoli: amplificatore ideale di tensione, amplificatore ideale di corrente, transresistore ideale, transconduttore ideale, caso particolare dei componenti tripolari. Connessioni notevoli di transconduttori tripolari: connessione "a diodo", specchi di corrente, coppia differenziale, stadi amplificatori differenziali. Amplificatore operazionale ideale. Principali connessioni degli amplificatori operazionali. Esempi di dispositivi elettronici tripolari (BJT, MOST) e loro modelli elementari. Stadi amplificatori elementari con componenti tripolari ed esempi con i dispositivi noti. Accoppiamenti di stadi in cascata ed esempi. Il problema della stabilità degli stati di riposo, polinomio caratteristico, equazione caratteristica.

Testi Consigliati

Appunti personali sintetici presi ascoltando le lezioni.
SERGIO CALLEGARI, *Elettronica analogica di base*, Pitagora Editrice Bologna.
GRAY, HURST, LEWIS, MEYER, *Analysis and Design of Analog Integrated Circuits*, Wiley.
GRAY, MEYER, *Circuiti integrati analogici*, McGraw-Hill.
MARIO VASCON, *Complementi ed esercizi di elettronica*, McGraw-Hill.
CALZOLARI, GRAFFI, *Elementi di Elettronica*, Zanichelli.
KOVÁCS VAJNA, LEONE, *Introduzione all'Elettronica analogica in 50 esercizi*, Patron.
KOVÁCS VAJNA, *Raccolta di Esercizi d'esame di Elettronica analogica*, Patron.
CALZOLARI, GRAFFI, *100 esercizi di Elettronica applicata*, Esculapio.
MUHAMMAD H. RASHID, *Fondamenti di elettronica*, Apogeo.
NEAMEN, *Electronic Circuit Analysis and Design*, Irwin.
THOMAS, ROSA, *The Analysis and Design of Linear Circuits*, Prentice-Hall.
TUINENGA, *A Guide to Circuit Simulation & Analysis Using PSpice*, Prentice Hall.
BANZHAF, *ComputerAided Circuit Analysis Using Spice*, Prentice-Hall.
MASSOBRIO, ANTOGNETTI, *Modelli dei dispositivi a semiconduttore in SPICE*, Franco Angeli.
SPICE2G User's Guide, C. L. U. P.
Supporti didattici vari reperibili nelle pagine web del D.E.I.S.

CIRCUITI ELETTRONICI DIGITALI LA **BO, cds: T**
Docente: **Guido Masetti** prof. ord.

Il corso si propone di affrontare lo studio e l'analisi dei circuiti elettronici digitali elementari. Esso rappresenta la naturale prosecuzione del corso di Elettronica LA e fornisce gli elementi di base a corsi successivi in cui si studiano le applicazioni dei circuiti digitali CMOS.

Programma:
Introduzione alle famiglie logiche e definizione delle loro principali caratteristiche.
Principio di funzionamento e modello circuitale di ordine 1 del transistore MOS.
Famiglia logica CMOS statica pienamente complementare: criteri di progetto e calcolo dei parametri caratteristici.
Impiego dei transistori MOS come transfer-gate. Circuiti dinamici CMOS.
Ritardo di propagazione attraverso una cascata di stadi elementari. Buffer CMOS.
Circuito alle variazioni del MOSFET. Stadi elementari CMOS.
Circuiti sequenziali: realizzazioni CMOS.
Memorie a semiconduttore: classificazione ed organizzazione generale.
RAM statiche e dinamiche. Memorie non volatili (ROM, PROM, EPROM, E2PROM, FLASH).
Cenni sulla tecnologia planare del silicio e sulle metodologie di progetto dei sistemi digitali: full-custom, semi-custom e basate su schiere logiche programmabili.
Esercitazioni: simulazione circuitale di semplici circuiti digitali.

Testi consigliati:

ANANTHA P. CHANDRAKASAN | JAN M. RABAEY, *Digital Integrated Circuits, A design Perspective*, Prentice Hall, 2001.
E. FRANCHI SCARSELLI, L. SELMI, *Esercizi d'esame di Elettronica Digitale*, Patron Editore Bologna, ottobre 1998.

CIRCUITI ELETTRONICI DI POTENZA L

BO, cds: E

Docente: **Gabriele Grandi** ric.

Finalità del Corso

Il corso si propone di fornire gli elementi di base dei circuiti elettronici di potenza impiegati in ambiente civile ed industriale. In particolare, vengono evidenziati gli aspetti applicativi delle diverse tipologie di convertitori, i criteri di scelta e la procedura per il loro dimensionamento di massima.

Programma del Corso

Introduzione alle apparecchiature elettroniche per la conversione statica dell'energia elettrica. Generalità sui raddrizzatori e sui convertitori *switching*, bilanci di potenza. Commutazione naturale e commutazione forzata. Interruttori ideali ed interruttori reali, perdite di conduzione e di commutazione. Dispositivi elettronici di potenza: diodi, tiristori (SCR), GTO, transistor bipolari (BJT), MOSFET, IGBT, nuove tecnologie. Rete termica dei componenti. Elementi per il progetto e la verifica termica. Grandezze periodiche, sviluppo in serie di Fourier. Distorsione armonica. Convertitori AC/DC: raddrizzatori non controllati e raddrizzatori controllati. Ponti monofase e ponti trifase. Convertitori *switching*: la cella base di commutazione (*chopper*). La modulazione a larghezza di impulso (PWM). Implementazione analogica e digitale. Convertitori DC/DC: abbassatori (*buck*), innalzatori (*boost*), configurazioni *buck-boost*. Funzionamento ad 1, 2 e 4 quadranti. Ponte ad "H". Convertitori DC/AC: *inverter* monofase, *inverter* trifase. Calcolo delle perdite e del rendimento. Controllo della corrente con convertitori a tensione impressa: ad anello aperto, in retroazione, regolazione ad isteresi. Cenni sui convertitori risonanti.

Propedeuticità consigliate e modalità di esame

È consigliabile aver seguito gli insegnamenti di *Elettrotecnica, Elettronica* e *Controlli Automatici*, dei quali il *Corso di Circuiti Elettronici di Potenza* costituisce una consequenziale estensione. L'esame è orale. La prova d'esame ha inizio con la discussione di una relazioncina scritta, redatta a cura dello studente, avente per oggetto un argomento scelto tra quelli trattati durante le lezioni. Le liste e gli appelli d'esame sono gestite via web al sito https://uniwex.unibo.it .

Materiale didattico consigliato

Sono in fase di stesura dispense redatte a cura del Docente. Ulteriori notizie ed informazioni inerenti il corso sono reperibili al sito web http://www.die.ing.unibo.it/cep.htm .

Nel corso delle esercitazioni viene utilizzato il programma di simulazione circuitale PSpice. Agli studenti è fornita una versione "demo" del programma. Sono inoltre resi disponibili PC per esercitazioni assistite presso il Laboratorio informatico della Facoltà.

Testi di consultazione ed approfondimento

N. MOHAN, T. UNDELAND, W.P. ROBBINS, *Power Electronics*, 2nd edition, J.Wiley & Sons, 1995.
M. RASHID, *Power Electronics: circuits, devices, and applications*, 2nd Ed. Prentice Hall, 1995.
J.G. KASSAKIAN, M.F. SCHLECHT, G.C. VERGHESE, *Principles of Power Electronics*, MIT, Addison-Wesley, 1992.

COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA L **BO, cds: E**
Docente: **Ugo Reggiani** prof. ord.

Finalità dell'Insegnamento

Il Corso si propone di fornire agli Studenti gli elementi di base della compatibilità elettromagnetica, con riferimento ai disturbi condotti ed irradiati, alle modalità di accoppiamento ed alle linee guida per il progetto di sistemi elettromagneticamente compatibili nel quadro normativo nazionale ed internazionale.

Programma

Introduzione alla compatibilità elettromagnetica (EMC)

Esempi di problemi EMC. Principali sorgenti di disturbi elettromagnetci. Emissione ed immunità. Disturbi condotti e disturbi irradiati. Unità di misura tipiche della EMC.

Emissioni condotte.

Disturbi condotti di modo comune (CM) e di modo differenziale (DM). Esempi di sorgenti di disturbi condotti. Normativa. Metodi e strumenti di misura. Rete stabilizzatrice dell'impedenza di linea (LISN). Risoluzione problemi: filtri, alimentatore, posizionamento dei componenti all'interno dell'apparecchiatura. Filtri di rete: attenuazione di inserzione, blocco dei disturbi di CM, blocco dei disturbi di DM, blocco di entrambi i disturbi di CM e DM, problemi nell'uso dei filtri.

Comportamento non ideale dei componenti elettrici

Modello reale di condensatori, induttori, resistori. Risposta in frequenza dell'impedenza di condensatori, induttori e resistori reali.

Emissioni irradiate

Modello di emissione per correnti di DM. Modello di emissione per correnti di CM. Normativa. Metodi e strumenti di misura. Siti di misura. Risoluzione problemi.

Immunità condotta

Problematiche. Risultati delle prove di immunità. Disturbi nella rete di distribuzione. Disturbi impulsivi: burst, surge e sistemi di prova. Variazione di tensione. Sistemi di prova per disturbi di variazione di tensione. Norme sull'immunità.

Immunità radiata

Problematiche. Tensioni ai terminali di una linea bifilare illuminata da un'onda piana uniforme. Normativa. Metodi, strumenti e siti di misura. Risoluzione problemi.

Antenne EMC

Generalità. Esempi di antenne EMC: fattore d'antenna, balun, antenna biconica, antenna logperiodica e antenna bilog.

Direttiva 89/336/CEE

Obiettivi e definizioni. Procedure per la valutazione della conformità alla Direttiva di apparecchiature elettriche ed elettroniche. Analisi EMC e relativo diagramma a blocchi.
Le lezioni sono integrate da esercitazioni pratiche di laboratorio.

Testo consigliato:

C. R. PAUL, *Compatibilità Elettromagnetica*, Hoepli, Milano, 1995.

Esame: orale.

COMPONENTI E CIRCUITI A RADIOFREQUENZA LS

BO, cds: T, L

Docente: **Alessandro Lipparini** prof. straord.

Obiettivo formativo dell'Insegnamento

Il Corso si propone di fornire un'introduzione alle problematiche della simulazione di circuiti e componenti utilizzati nei moderni sistemi di telecomunicazione e operanti a radiofrequenza e a microonde, con particolare enfasi sui metodi di analisi elettromagnetica.

Programma del Corso

Le microonde e le loro applicazioni nei sistemi di telecomunicazione. Evoluzione dei circuiti per alte frequenze e cenni sulle tecnologie realizzative. Strutture planari. Circuiti ibridi su substrato dielettrico e monolitici su substrato di silicio o di arseniuro di gallio.

Approcci alla simulazione: analisi circuitale e analisi elettromagnetica.

Scomposizione dei circuiti in componenti e dei componenti in strutture elementari. Il problema della loro modellizzazione.

Esempi di strutture guidanti: la stripline (dielettrico omogeneo) e la microstriscia (dielettrico non omogeneo). Loro caratterizzazione in regime TEM e quasi-TEM rispettivamente. Calcolo del modello capacitivo: il metodo delle sottosezioni. Valutazione della funzione di Green. Applicazioni: accoppiatori direzionali, filtri, risonatori e loro impiego nella tecnica.

Discontinuità. Circuiti equivalenti e loro determinazione: metodi statici e dinamici. Cenni sul metodo del mode-matching.

Analisi elettromagnetica: vantaggi e problematiche. Metodo delle differenze finite nel dominio del tempi (FD-TD). Metodo degli elementi finiti (FEM). Applicazione ai componenti per alte frequenze e confronto con i risultati dell'analisi circuitale.

Modelli comportamentali. Reti neurali artificiali e loro addestramento.

Il Corso è integrato da esercitazioni di laboratorio software sulla sintesi di strutture TEM e quasi-TEM e su esempi di applicazione dell'analisi elettromagnetica.

Testi consigliati:

V. Rizzoli, A. Lipparini, *Propagazione elettromagnetica guidata*, Ed. Esculapio, Progetto Leonardo, Bologna.

R. C. Booton Jr., *Computational Methods for Electromagnetics and Microwaves*, Ed. John Wiley & Sons, New York.

D. G. Swanson Jr., W. J. R. Hoefer, *Microwave Circuit Modeling Using Electromagnetic Field Simulation*, Ed. Artech House, Boston-London.

R. E. Collin, *Foundations for Microwave Engineering*, 2, Ed. McGraw Hill, New York.

Esame: consiste in una prova orale

Propedeuticità consigliate: Campi Elettromagnetici L-A

COMPLEMENTI DI ELETTROTECNICA LS

BO, cds: E

Docente: **Ugo Reggiani** prof. ord.

Finalità dell'Insegnamento

Il corso si propone di approfondire la conoscenza, già in parte acquisita nell'ambito della

laurea triennale, delle metodologie per la definizione di modelli matematici per sistemi elettromagnetici di interesse ingegneristico e dei relativi metodi di soluzione.

Programma

Richiami

Richiami di analisi vettoriale e di teoria dei campi. Teoremi di unicità per i campi.

Definizioni e leggi dell'elettromagnetismo

Sorgenti del campo elettromagnetico. Vettori del campo elettromagnetico. Relazioni di legame materiale. Leggi dell'elettromagnetismo in forma integrale: leggi fondamentali e leggi derivate. Definizione di f.e.m. e di tensione elettrica. F.e.m. indotta per mezzi in quiete e per mezzi in moto. Leggi dell'elettromagnetismo in forma locale: equazioni differenziali, condizioni di raccordo, condizioni al contorno e condizioni iniziali. Definizione di circuito elettrico e di circuito magnetico secondo la teoria dei campi. Classificazione dei problemi di campo elettromagnetico. Energia del campo elettromagnetico. Teorema di unità per le equazioni di Maxwell.

Metodi per la soluzione di problemi di campo con assegnate condizioni al contorno

Metodi analitici, metodo delle immagini e metodi numerici.

Campo elettrostatico

Equazioni e potenziale elettrostatico. Campo elettrostatico di un sistema di conduttori. Coefficienti di capacità e di potenziale. Capacità parziali. Schermo elettrostatico. Condensatori. Capacità di servizio di linee aeree in presenza della terra e di linee in cavo. Energia del campo elettrostatico.

Elettrodinamica stazionaria

Campo elettrico e campo di corrente stazionari

Determinazione del campo di corrente generato in un conduttore da una assegnata d.d.p. stazionaria fra gli elettrodi. Resistenza ohmica di un conduttore. Analogia fra campo elettrostatico e campo di corrente stazionario.

Campo magnetico generato da correnti stazionarie

Equazioni e potenziale vettore magnetico. Potenziale scalare magnetico. Metodi per la determinazione del campo magnetico generato da una assegnata distribuzione di correnti stazionarie. Energia del campo magnetico. Coefficienti di auto e di mutua induzione: definizione tramite l'energia magnetica e definizione tramite il flusso concatenato. Fattore di accoppiamento. Coefficiente di autoinduzione di un cavo coassiale; coefficienti di auto e mutua induzione di linee a conduttori paralleli.

Elettrodinamica non stazionaria e quasi-stazionaria

Equazioni d'onda non omogenee e potenziali ritardati.

Condizioni per la validità dell'approssimazione quasi-stazionaria. Passaggio dalla teoria dei campi alla teoria dei circuiti: legge di Ohm generalizzata, legge delle correnti e legge delle tensioni. Circuiti a costanti concentrate. Equazione della diffusione. Effetto pelle in regime sinusoidale permanente. Resistenza e coefficienti di auto e mutua induzione in corrente alternata e loro dipendenza dalla frequenza.

L'insegnamento è integrato da esercitazioni teoriche e numeriche.

Testi di consultazione:

F. BAROZZI, F. GASPARINI, *Fondamenti di Elettrotecnica: elettromagnetismo*, UTET, Torino, 1989.
S. BASILE, *Richiami di elettromagnetismo*, Pitagora Ed., Bologna, 1981.

Esame: orale

COMPONENTI E TECNOLOGIE ELETTRICHE L **BO, cds: E**
Docente: **Luciano Simoni** prof. ord.

Richiami della teoria dei campi vettoriali. Campi conservativi e campi solenoidali.

Le equazioni generali dell'elettromagnetismo: le equazioni di Maxwell in forma locale e in forma integrale. Le equazioni della divergenza. Teorema di Gauss. Le equazioni di legame e loro integrazione ai circuiti elettrici e magnetici. Il campo elettrico e il campo magnetico.

Calcolo del campo elettrico dovuto a un conduttore rettilineo indefinito. Linee aeree. Effetto corona e rimedi. Corde alluminio-acciaio, conduttori a fascio.

Materiali magnetici. Curva di magnetizzazione e proprietà. Permeabilità normale e differenziale. Materiali magnetici dolci e duri. Acciai comuni e speciali. Cenno alla tecnologia degli acciai e ai trattamenti termici. Materiali magnetici per alta frequenza. Magneti permanenti: richiami teorici, materiali usati. Ottimizzazione del progetto.

Progetto dei nuclei magnetici. Trasformatori. Richiami teorici. Tecnologia dei trasformatori. Lamierini isotropi e a cristalli orientati. Soluzioni tecniche. Lamierini per macchine rotanti. Taglio dei lamierini.

Sintesi di tecnologie generali: lavorazioni plastiche, elementi di teorie del taglio, le principali macchine utensili.

Materiali isolanti. Excursus storico. I principali materiali isolanti. I polimeri.

La polarizzazione dei dielettrici. Perdite e rilassamento dei dielettrici. Circuito equivalente. Equazioni di Debye. Polarizzazione spontanea. Condensatori ceramici. Polarizzazione interfacciale.

Condensatori di potenza. Progetto e sua ottimizzazione. Dal carta-olio minerale al carta-PCB al condensatore misto al tutto film.

La scarica negli isolanti. Rigidità dielettrica e sue grandezze di influenza. Meccanismo di scarica. La scarica intrinseca. La scarica per instabilità termica e la Rigidità dielettrica inerente. Influenza del tipo di tensione, della temperatura, dello spessore dei provini.

Scariche parziali. Meccanismo delle s.p. Scarica per s.p. Formazione e crescita del treeing. Diagnostica con le s.p.

La statistica della scarica. Effetto dimensionale. Distribuzione di Weibull, carta di Weibull e determinazione dei parametri. La distribuzione dei tempi alla scarica. La distribuzione di Weibull generalizzata. Modello di vita elettrica IPM. Le tre estrapolazioni del progetto statistico.

Cavi per trasporto d'energia. Tipi e tecnologie. Cavi a miscela, a olio fluido ed estrusi.

Progetto termico di un cavo A.T. Progetto elettrico. Ottimizzazione del progetto e fattibilità del cavo. Cavi in c.c. Andamento del campo elettrico e sua influenza sulla tecnologia e sul progetto die cavi in c.c.

Modelli di vita elettrica. Modello IPM razionalizzato. Modello esponenziale. Materiali sogliati e non. Modello con soglia.

Thermal endurance. La temperatura come aging factor. Criterio di guasto e determinazione della vita termica. Regola di Montsinger. Teoria della reazione chimica e modello di Arrhenius.

Modello di vita termica razionalizzato. Prove di vita termica. TI e HIC. Modello termico con soglia.

Sollecitazioni combinate. Superficie di vita. I modello per materiali non sogliati. II modello per materiali sogliati. Modello migliorato. Curva delle soglie e SCI.

I testo consigliati, editi dalla CLUEB, sono:

L. SIMONI, *Lezioni di Tecnologie Elettriche. Parte I: Tecnologie generali.*
L. SIMONI, *Lezioni di Tecnologie Elettriche. Materiali conduttori e magnetici.*
L. SIMONI, *Monografie di tecnologie elettriche: Caratteristiche e tecnologie dei condensatori.*
L. SIMONI, *Monografie di tecnologie elettriche: Cavi per il trasporto dell'energia elettrica.*
L. SIMONI, *Proprietà dielettriche e scarica dei materiali isolanti elettrici.*
L. SIMONI, *Resistenza alle sollecitazioni dei materiali isolanti solidi* (prima parte).

COMPORTAMENTO MECCANICO DEI MATERIALI L **BO, cds: N**
Docente: **Giangiacomo Minak** ric.

1) Criteri di Crisi
2) Comportamento dei materiali
2.1) elasticità
2.2) plasticità
2.3) fatica ad alto numero di cicli
2.4) effetti termici
3.5) instabilità dell'equilibrio elastico
4) Calcolo di elementi di macchine
4.1) alberi
4.2) recipienti in pressione
4.3) tubi di grosso spessore
4.4) flange imbullonate
4.5) saldature

Testi consigliati:

R. C. JUVINALL, K. M. MARSHEK, *Fondamenti della progettazione dei componenti delle macchine*, ETS, Pisa.
F.P. BEER, E.R. JOHNSTON JR, *Scienza delle costruzioni-introduzione alla meccanica dei materiali*, McGraw-Hill, Milano.

COMUNICAZIONI ELETTRICHE **BO, cds: G**
Docente: **Alberto Zanella** prof. Inc.

Il corso si prefigge l'obiettivo di fornire gli elementi di base necessari all'Ingegnere Gestionale, che opera presso una azienda che produce beni o servizi, per comprendere le problematiche connesse alla gestione di una rete di comunicazione e per effettuare scelte organizzative relative ai flussi informativi aziendali.

A tal fine, il corso è composto da due parti, che parzialmente si alternano durante lo svolgimento delle lezioni:

– una prima parte teorica, che fornisce i principi fondamentali delle telecomunicazioni numeriche, via radio e via cavo;

– una seconda parte più applicativa, che illustra le caratteristiche principali di alcuni sistemi e reti di comunicazione di uso comune e/o grande sviluppo futuro e lo scenario globale che li coinvolge: si accenna alla rete Internet, alle reti mobili cellulari GSM, GPRS e UMTS, ai sistemi wireless per reti locali, al sistema di localizzazione satellitare GPS.

Programma

Introduzione

Teoria dei segnali determinati e dei sistemi
Segnali determinati: energia, periodici
Segnali determinati: aperiodici
Sistemi lineari e tempo-invarianti

Teoria dei segnali aleatori
Teoria delle variabili aleatorie
Teoria dei processi aleatori
Rumore termico ed altri disturbi

Teoria della comunicazioni numeriche
Schema a blocchi di un sistema di trasmissione
Sistema di trasmissione numerico passabasso
Teoria dell'informazione
Segnali
Conversione AD e DA
Multiplazione

Sistemi di telecomunicazioni
Architetture protocollari
Mezzi di trasmissione
Sistemi di trasmissione numerici passabanda

Reti di telecomunicazioni
Accesso Multiplo
IP, TCP, UDP
Reti locali
VoIP
Reti locali wireless (WiFi, Bluetooth)
Reti radiomobili (GSM, GPRS, UMTS)
Localizzazione

Testi consigliati

ROBERTO VERDONE, *Fondamenti di Telecomunicazioni per l'Ingegneria Gestionale.*

LEONARDO CALANDRINO, MARCO CHIANI, *Quaderni di comunicazioni elettriche*, Voll. 1 e 2, Pitagora Editrice.
BRUCE CARLSON, *Communication Systems*, Third Ed., McGraw-Hill.

Modalità di esame

Prova scritta e orale.

È prevista una prova intermedia il cui superamento permette l'accesso alla prova orale finale.

COMUNICAZIONI ELETTRICHE LA **BO, cds: T**

Docente: **Leonardo Calandrino** prof. ord.

Segnali e loro elaborazione. Sistemi e reti di telecomunicazione. Organismi normativi internazionali. Aspetti economici e prospettive di sviluppo.

Analisi dei segnali determinati tempo-continui e tempo-discreti nel dominio delle frequenze (analisi di Fourier) e nel dominio dei tempi (mediante funzioni impulsive). Loro applicazioni allo studio dei sistemi lineari.

Segnali ad energia finita, a potenza finita. Spettro di energia, spettro di potenza.

Segnali analogici e segnali numerici in banda base. Diverse tecniche numeriche di codifica e di compressione dei segnali e relativi standard. Multimedialità. Information and Communication Technology (ICT).

Bibliografia obbligatoria

LEONARDO CALANDRINO, MARCO CHIANI, *Quaderni di comunicazioni elettriche*, Pitagora editrice, Bologna.

COMUNICAZIONI ELETTRICHE LA **BO, cds: L**

Docente: **Davide Dardari** ric.

Segnali e loro elaborazione. Sistemi e reti di telecomunicazione. Organismi normativi internazionali. Aspetti economici e prospettive di sviluppo.

Analisi dei segnali determinati tempo-continui e tempo-discreti nel dominio delle frequenze (analisi di Fourier) e nel dominio dei tempi (mediante funzioni impulsive). Loro applicazioni allo studio dei sistemi lineari.

Segnali ad energia finita, a potenza finita. Spettro di energia, spettro di potenza.

Segnali analogici e segnali numerici in banda base. Diverse tecniche numeriche di codifica e di compressione dei segnali e relativi standard. Multimedialità. Information and Communication Technology (ICT).

Bibliografia obbligatoria

LEONARDO CALANDRINO, MARCO CHIANI, *Quaderni di comunicazioni elettriche*, Pitagora editrice, Bologna.

COMUNICAZIONI ELETTRICHE LA — BO, cds: I

Docente: **Carlo Caini** ric.

Finalità

L'Insegnamento ha lo scopo di fornire alcuni concetti di base delle Comunicazioni Elettriche agli studenti del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica. Data la provenienza degli studenti, la trattazione teorica, di tipo classico, sarà accompagnata da una particolare attenzione verso le applicazioni e verso i relativi aspetti economici, in modo che gli studenti, giunti alla fine del corso, sappiano orientarsi in modo adeguato nel mondo delle telecomunicazioni. È inoltre previsto un largo uso di strumenti informatici per l'approfondimento in aula ed in laboratorio dei temi trattati.

Programma

Il mondo delle Telecomunicazioni: pietre miliari nello sviluppo della tecnologia, applicazioni e relativi aspetti economici.

Analisi di Fourier: funzioni deterministiche tempo-continue e tempo-discrete nel dominio delle frequenze. Applicazioni allo studio dei sistemi lineari: il concetto di filtro, condizioni di non distorsione. Spettri di energia e di potenza

Rappresentazione numerica dei segnali: tecniche di codifica PCM, ADPCM, percettive, vocoder.

Teoria della modulazione: descrizione delle principali modulazioni analogiche e digitali.

Teoria dell'informazione: entropia di un alfabeto e di una sorgente; codifica di Huffman.

Standard MPEG.

Esercitazioni in laboratorio (hardware e software).

Testi consigliati:

L. CALANDRINO, G. IMMOVILLI, *Schemi delle lezioni di Comunicazioni Elettriche*, Pitagora Ed., Bologna.

C. CAINI, G.TAZZARI, *Comunicazioni Elettriche e segnali audio*, Esculapio Ed., Bologna.

C. CAINI, C. RAFFAELLI, *Laboratorio di Comunicazioni Elettriche*, Pitagora Ed., Bologna.

Altro materiale scaricabile dal sito Internet del docente

Modalità di esame

L'esame consiste di una prova scritta e di una prova orale integrativa.

Esercitazioni in laboratorio

Esercitazioni hardware (rete RC, modulazione AM) e software (spettri, campionamento, filtri, conversioni A/D).

COMUNICAZIONI ELETTRICHE LB — BO, cds: T

Docente: **Leonardo Calandrino** prof. ord.

Processi aleatori. Stazionarietà, ergodicità. Processi gaussiani. Ciclostazionarietà e cicloergodicità. Processi PAM aleatori.

Segnali e sistemi passa-banda (Teoria della modulazione). Diverse leggi di modulazione di una portante sinusoidale. Sistemi di modulazione multiportante.

Il rumore di fondo negli apparati. Il canale AWGN. Effetti del rumore sulla qualità del segnale ricevuto. Cenni sui sistemi di trasmissione in banda base e passa-banda (radiocollegamenti e fibre ottiche). Elementi di Teoria dell'Informazione: entropia di sorgente, capacità di canale, codifica di sorgente e di canale.

Bibliografia obbligatoria

LEONARDO CALANDRINO, MARCO CHIANI, *Quaderni di comunicazioni elettriche*, Pitagora editrice, Bologna.

COMUNICAZIONI ELETTRICHE LB **BO, cds: L**

Docente: **Marco Chiani** prof. straord.

Processi aleatori. Stazionarietà, ergodicità. Processi gaussiani. Ciclostazionarietà e cicloergodicità. Processi PAM aleatori.

Teoria della modulazione (segnali e sistemi passa-banda). Diversi schemi di modulazione di una portante sinusoidale.

Il rumore di fondo negli apparati. Il canale AWGN. Effetti del rumore sulla qualità del segnale ricevuto.

Introduzione ai sistemi di trasmissione in banda base e passa-banda.

Elementi di Teoria dell'Informazione: entropia di sorgente, capacità di canale, codifica di sorgente e di canale.

Bibliografia obbligatoria

LEONARDO CALANDRINO, MARCO CHIANI, *Quaderni di comunicazioni elettriche*, Pitagora editrice, Bologna.

CONSOLIDAMENTO DEGLI EDIFICI L **CE, cds: dud**

Docente: **Giovanni Ricci Bitti** ric.

Sommario

Il corso intende fornire una panoramica sulle problematiche del consolidamento degli edifici partendo dall'individuazione del dissesto statico e delle sue cause, per arrivare alle metodologie di consolidamento ed alle tecniche che sono d'impiego comune nella pratica corrente.

La trattazione è svolta con riferimento a casi concreti, evidenziando di volta in volta le motivazioni che consentono di scegliere la strategia operativa più efficiente per il caso in esame.

Il corso richiede conoscenze di Scienza e Tecnica delle Costruzioni riferite all'elasticità lineare, analisi di sistemi di aste, strutture d'acciaio e di calcestruzzo, resistenza dei materiali, stabilità delle colonne, del livello di quelle fornite dai corsi di Laurea impartiti nei precedenti semestri.

Completano i contenuti del corso alcuni temi monografici riferiti a casi reali, trattati da esperti del settore che svolgono attività progettuale.

Scopo del corso

Il corso fornisce una formazione di base che può essere di guida nella comprensione dell'iter progettuale di interventi di riparazione o consolidamento strutturale, nonché spunti per l'appro-

fondimento di tematiche che possono costituire il punto di partenza per l'attività professionale nel campo dell'edilizia storica.

Argomenti trattati

– brevi cenni sulle tipologie costruttive di edifici storici in muratura, legno, acciaio e misti,
– evidenze di stato di sofferenza della costruzione: quadri fessurativi, cedimenti, danno strutturale e interpretazione delle cause,
– i sistemi di monitoraggio delle costruzioni: determinazione della geometria, dei parametri meccanici, dello stato di sforzo, e controllo nel tempo dell'evoluzione,
– il quadro concettuale per la scelta di un sistema di eliminazione dello stato di danneggiamento,
– la ricostituzione della forma e resistenza di un organismo strutturale: metodi per la riparazione,
– modificazione dell'organismo strutturale ed interventi connessi,
– incremento della capacità resistente di una struttura: miglioramento e adeguamento statico,
– tecniche di riparazione e miglioramento basate sull'impiego di materiali e procedure innovative.

Bibliografia

Gli argomenti del corso possono essere approfonditi con l'ausilio di libri sull'argomento e con dispense fornite dal Docente. Una bibliografia iniziale è la seguente:

SARA' G., (1995), *Restauro Strutturale*, Ed. Liguori, Napoli.
Consorzio CREA (1991), *L'acciaio nel Recupero Edilizio e nel Restauro*, Massa.
GIORDANO G., (1997), *Tecnica delle Costruzioni in Legno*, UTET, Torino.
TASSIOS, T., (1995), *Meccanica delle Murature*, Ed. Liguori.

CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI **BO, cds: R, C**

Docente: **Guido Gottardi** prof. ass.

Richiami di geotecnica: moti di filtrazione nei mezzi porosi, processi di consolidazione, resistenza al taglio delle terre. Indagini, prove e misure geotecniche in sito. Classificazione dei metodi di consolidamento dei terreni. Interventi di tipo meccanico: compattazione superficiale e addensamento in profondità, vibroflottazione. Interventi di tipo idraulico: preconsolidazione mediante precarichi, con e senza dreni verticali, teoria della consolidazione radiale, consolidazione elettro-osmotica, abbassamento di falda (dewatering). Interventi di tipo chimico-fisico: miscelatura con additivi, stabilizzazione superficiale e profonda, le iniezioni, stabilizzazione termica mediante cottura e congelamento. Interventi di rinforzo per inclusione: interazione terreno-rinforzi, terre armate, metodi di progetto delle opere di sostegno in terra rinforzata, geosintetici con funzione di rinforzo.

Interventi di stabilizzazione dei pendii: classificazione dei movimenti franosi, glossario internazionale per le frane, analisi di stabilità dei pendii, principi e metodi di intervento.

Consolidamento delle rocce: classificazione degli ammassi rocciosi, resistenza al taglio dei giunti, analisi di stabilità delle scarpate in roccia, proiezioni stereografiche, interventi di stabilizzazione mediante ancoraggi.

Testi consigliati:

Appunti e Dispense delle lezioni.
P. COLOMBO e F. COLLESELLI, *Elementi di Geotecnica*, Zanichelli, 1996.
M.R. HAUSMANN, *Engineering Principles of Ground Modification*, McGraw-Hill,1990.
F.G. BELL, *Engineering Treatment of Soils*, Spon, 1993.

CONTROLLI AUTOMATICI L **BO, cds: M**
Docente: **Carlo Rossi** prof. ass.

Finalità del corso
Il corso si prefigge di fornire allo studente una conoscenza di base sui concetti, i metodi e le tecnologie dei sistemi di controllo automatico. Verranno introdotte le tecniche elementari per l'analisi delle proprietà dei sistemi dinamici e per la sintesi di regolatori in retroazione. Obiettivo didattico è quello di permettere allo studente di analizzare e progettare sistemi di controllo per impianti lineari ad un ingresso ed una uscita.

Programma
1 – Generalità
Motivazioni ed esempi introduttivi. Concetti di base: controllo in catena aperta ed in retroazione. Proprietà dei sistemi in retroazione: stabilità, robustezza ai disturbi ed alle variazioni parametriche.

2 – Sistemi e modelli
Sistemi dinamici e loro descrizione tramite modelli matematici. Sistemi lineari e linearizzazione. Modelli integro-differenziali di sistemi meccanici, elettrici, idraulici, termici. Analogie tra diversi domini e proprietà strutturali.

3 – Analisi dei sistemi lineari
La trasformata di Laplace: funzione di trasferimento, poli e zeri.
Analisi nel dominio del tempo: stato, modi, equilibrio. Sistemi del primo e del secondo ordine, risposte indiciali, ruolo degli zeri.
Analisi nel dominio delle frequenze: la funzione di risposta armonica. I diagrammi di Bode e di Nyquist.
Analisi dei sistemi in retroazione. Margine di ampiezza e margine di fase, stabilità. Criterio di Nyquist, criterio di Bode, luogo delle radici. Funzioni di sensitività, di sensitività complementare, di sensitività del controllo.
Introduzione a strumenti di CAD per l'analisi: Matlab e Simulink

4 – Sintesi del controllo
Definizione delle specifiche: stabilità, robustezza, specifiche statiche, specifiche dinamiche. Specifiche nel dominio dei tempi e nel dominio delle frequenze. Relazioni tra le caratteristiche della funzione di trasferimento ad anello aperto ed il comportamento del sistema in retroazione.
Progetto analitico: illustrazione del metodo ed analisi critica.
Regolatori standard: reti correttrici, regolatori PID. Metodi di taratura dei regolatori standard. Antisaturazione in presenza di azioni integrali. Il progetto del regolatore sui diagrammi di Bode e mediante il luogo delle radici.

Esame: prova scritta e orale.

Testi di riferimento

G. MARRO, *Controlli automatici*, Zanichelli Editore, Bologna.
P. BOLTZERN, R. SCATTOLINI, N. SCHIAVONI, *Fondamenti di controlli automatici*, Mc Graw-Hill.
PENATI M.E., G. BERTONI, *Automazione e sistemi di controllo*, Voll. I, II, Esculapio, Bologna.

CONTROLLI AUTOMATICI L **BO, cds: G, P**
Docente: **Gianni Bertoni** prof. ord.

Programma

1 – Generalità:
– Cenni storici. Che cos'è l'automazione
– Esempi di controlli automatici. Manipolazione materiale e manipolazione simbolica
2 – Modelli matematici:
– Tecniche di identificazione. Modelli matematici dei sistemi lineari e stazionari
– Equazioni (e sistemi di equazioni) differenziali; funzione di trasferimento funzione di risposta impulsiva.
3 – Analisi nel dominio dei tempi:
– Stabilità, controllabilità e osservabilità
– Errori a regime
– Insensibilità ai disturbi ed alle variazioni dei parametri.
– Parametri della risposta ad un ingresso a gradino
4 – Sintesi nel dominio dei tempi:
– Luogo delle radici
– Regolatori standard
5 – La funzione di risposta armonica:
– Definizione e sue rappresentazioni: diagrammi polari, diagrammi di Bode.
6 – Analisi armonica:
– Criteri di stabilità. Margini di ampiezza e di fase.
– Luoghi a M e a N costante, picco di risonanza e larghezza di banda.
7 – Componenti dei sistemi di controllo:
– Motori elettrici in c.c.
– Sensori e trasduttori

Esercitazioni: sono inserite nello svolgimento della parte teorica cui si riferiscono.
Esame: prova scritta e orale.
Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica, Elettronica.

Testi consigliati

G. BERTONI, M.E. PENATI, S. SIMONINI, *I componenti dell'automazione*, Esculapio, Bologna, 2001.
PENATI M.E., G. BERTONI, *Automazione e sistemi di controllo*, Voll. I, II, Esculapio, Bologna, 2000.
M.E. PENATI, *Controlli automatici. Esercizi e test commentati e risolti*, Esculapio, Bologna, 2000.

Università di Bologna
BIBLIOTECA INGEGNERIA
BOLOGNA

CONTROLLI AUTOMATICI LA **BO, cds: L**

Docente: **Elena Zattoni** ric.

Finalità

L'insegnamento si propone di presentare i fondamenti della teoria del controllo, specificamente le tecniche di analisi e sintesi sulle quali si basa la progettazione dei sistemi di controllo in retroazione ad una sola variabile controllata.

Programma delle lezioni

Concetti fondamentali: sistema; sistema orientato; sistema inizialmente in quiete; modello matematico statico e dinamico; linearizzazione locale dei modelli statici; definizione di linearità e di stazionarietà; schemi a blocchi; le otto regole di riduzione; controlli ad azione diretta e in retroazione; vantaggi della retroazione in rapporto alla robustezza; modelli dinamici; l'operatore D; esempi di modelli dinamici; le equazioni del motore elettrico in corrente continua con riduttore.

Metodi di analisi dei sistemi dinamici lineari: l'equazione differenziale lineare a coefficienti costanti; condizione di realizzabilità fisica; moto libero e moto forzato; trasformata di Laplace; condizioni per la trasformabilità di una funzione del tempo; teorema di convergenza; linearità della trasformata di Laplace; trasformate di Laplace notevoli; teoremi sulle trasformate; soluzione delle equazioni differenziali con condizioni iniziali; funzione di trasferimento; esempio: gruppo Ward-Leonard; antitrasformazione di funzioni razionali: poli semplici (reali o complessi) e poli multipli; valutazione grafica dei residui; modi; risposte canoniche; impulso di Dirac; integrali di convoluzione o di Duhamel; esempi relativi a sistemi a costanti distribuite e a sistemi non stazionari; parametri della risposta al gradino del sistema del secondo ordine; coefficiente di smorzamento e pulsazione naturale e loro dipendenza dalla posizione dei poli; calcolo della massima sovraelongazione della risposta al gradino e del tempo di assestamento.

Analisi armonica: funzione di risposta armonica e suo legame con la funzione di trasferimento; risposta all'impulso dalla risposta armonica; diagrammi di Bode; costruzione dei diagrammi di Bode per somma di diagrammi elementari; approssimazioni asintotiche dei termini del primo e del secondo ordine; pulsazione di risonanza e picco di risonanza dei sistemi del secondo ordine; valutazione grafica della funzione di risposta armonica; formula di Bode e sua applicazione ai diagrammi approssimati con una spezzata; esempi di sistemi ai quali essa non si può applicare; diagrammi polari e loro comportamento asintotico; diagrammi di Nichols.

Stabilità e sistemi in retroazione: stabilità a seguito di perturbazioni; stabilità ingresso limitato / uscita limitata; condizione necessaria e sufficiente per tale stabilità; equivalenza alla stabilità asintotica; criterio di Routh; procedure per trattare i casi singolari; deduzione dei campi di stabilità in K; sistemi in retroazione: sensibilità alle variazioni parametriche, sensibilità ai disturbi e banda passante; errori a regime in risposta ai segnali tipici per sistemi con retroazione unitaria e con retroazione dinamica generica; criterio di Nyquist: enunciato per sistemi stabili ad anello aperto e per sistemi instabili ad anello aperto; sistemi a stabilità condizionata; margini di ampiezza e di fase e loro determinazione nei diagrammi di Nyquist, nei diagrammi di Bode e nei diagrammi di Nichols; sistemi con ritardi finiti: studio della stabilità con il criterio di Nyquist; regolatore per sistema con ritardo finito predominante sulle costanti di tempo; luoghi ad M costante e ad N costante nei diagrammi di Nyquist; estensione al caso di sistemi con retroazione non unitaria; determinazione della pulsazione e del picco di risonanza e della banda passante (sistemi di tipo 1 e di tipo 0).

Sintesi indiretta: dati di specifica e loro compatibilità; compensazioni ad azione diretta; reti correttrici: integratrice, derivatrice, ritardatrice, anticipatrice, a ritardo e anticipo, a T ponticellato: diagrammi di Bode e diagrammi polari; diagrammi polari a forma di circonferenza; compensazione con reti ritardatrici: diagrammi di Bode, diagrammi di Nichols (formule di inversione); compensazione con reti anticipatrici: diagrammi di Bode, diagrammi di Nichols (formule di in-

versione), cancellazione polo-zero; formule di inversione; uso della rete a ritardo e anticipo; uso della rete a T ponticellato; regolatori standard: parametri per la sintesi semiempirica di Ziegler-Nichols; retroazione tachimetrica: progetto con ripresa del guadagno statico per mantenere invariata la costante di velocità; uso delle formule di inversione con i diagrammi di Bode.

Sintesi diretta: progetto analitico; vincoli; estensione al caso di retroazione non unitaria; funzione di sensibilità ai disturbi; uso dei filtri di Butterworth e di Bessel; estensione al caso di sistemi di tipo 2; estensioni ai casi di sistemi instabili, a fase non minima e con ritardi finiti; allocazione dei poli ad anello chiuso con l'equazione diofantea.

Esercitazioni al calcolatore

Le esercitazioni in laboratorio vertono sulla progettazione assistita di sistemi di controllo in retroazione a una sola variabile controllata. In particolare, l'utilizzo di TFI, che consiste in una raccolta di programmi in Matlab, consente un'agevole elaborazione delle funzioni di trasferimento e rende accessibile le principali procedure matematiche e grafiche per lo studio dei sistemi di controllo.

Testi adottati

G. MARRO, *Controlli automatici*, Quarta edizione riveduta e amp, Zanichelli, Bologna, 1997.
G. MARRO, *TFI: insegnare e apprendere i controlli automatici di base con Matlab*, Zanichelli, Bologna, 1998.

Altro materiale didattico

E. ZATTONI, *Controlli automatici: raccolta di prove scritte con soluzione.*
E. ZATTONI, *Controlli automatici: raccolta di esercitazioni risolte con TFI.*

CONTROLLI AUTOMATICI **BO, CdS: M**
Docente: **Umberto Soverini** prof. ass.

Finalità del Corso

Il corso ha lo scopo di presentare le caratteristiche dei modelli impiegati per la descrizione matematica dei sistemi dinamici, ne discute le relative proprietà e fornisce gli strumenti fondamentali per la progettazione dei dispositivi di controllo in retroazione.

Programma del Corso

Modelli matematici per i sistemi dinamici. Modelli a tempo continuo ed a tempo discreto, lineari e non lineari, stazionari e non stazionari. Modelli ingresso-uscita ed ingresso-stato-uscita. Modelli equivalenti e modelli ridotti in forma minima.

Proprietà strutturali dei sistemi dinamici. Raggiungibilità e controllabilità dello stato. Osservabilità e ricostruibilità dello stato. Stabilità rispetto a perturbazioni dello stato iniziale e dell'ingresso. Stati di equilibrio. Linearizzazione dei sistemi non lineari.

Sistemi dinamici lineari e stazionari. Determinazione del moto e della risposta. Matrice di transizione e sue proprietà. Modi e loro stabilità. Risposta impulsiva. Passaggio dai modelli continui a quelli discreti. Cambiamenti di base nello spazio degli stati. Riduzione del sistema alla forma minima. Stabilità i.l.s.l. e stabilità i.l.u.l. Assegnabilità degli autovalori con retroazione stato-ingresso ed uscita-ingresso. Osservatori asintotici dello stato. Retroazione dello stato stima-

to mediante osservatore.

Sistemi lineari e stazionari ad un ingresso ed una uscita. La trasformazione di Laplace e le relative proprietà. Funzioni di trasferimento e schemi a blocchi. Passaggio da un modello ingresso-stato-uscita alla funzione di trasferimento e viceversa. Risposte canoniche. Analisi armonica. Diagrammi di Bode e di Nyquist. Sistemi a fase minima e formula di Bode. Proprietà generali dei sistemi in retroazione. Errori a regime e tipo di sistema. Stabilità dei sistemi in retroazione. Il criterio di Routh, il criterio di Nyquist, il margine di ampiezza e di fase. Il luogo delle radici.

Progettazione di dispositivi per la correzione della risposta. Specifiche nel dominio dei tempi e nel dominio delle frequenze. Progetto di reti correttrici anticipatrici, ritardatrici, a ritardo ed anticipo. Sintonizzazione dei regolatori standard.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono parte integrante del corso e comprendono aspetti elementari di modellistica e l'applicazione delle metodologie fondamentali di analisi e di progetto dei sistemi di controllo, in modo da mettere gli studenti in grado di affrontare i più semplici problemi tecnici relativi all'automazione.

Testi consigliati

G. MARRO: *Controlli Automatici*, Zanichelli, Bologna, 1997.
B.C. KUO: *Automatic Control Systems*, Prentice Hall, 1987.
S. BEGHELLI: *Automatica*, Progetto Leonardo, Bologna, 1996.
Appunti delle lezioni fornite dal docente.

CONTROLLI AUTOMATICI LA **BO, cds: T**

Docente: **Claudio Melchiorri** prof. straord.

Finalità

L'insegnamento si propone di presentare i concetti fondamentali della teoria del controllo di sistemi dinamici. In particolare verranno illustrate, con riferimento a sistemi ad un ingresso ed una uscita, le tecniche di analisi necessarie per capire le caratteristiche principali dei sistemi e le principali tecniche di sintesi di regolatori analogici (reti correttrici, PID).

Programma delle lezioni

1) Concetti fondamentali: sistema; sistema orientato; sistema inizialmente in quiete; modello matematico statico e dinamico; definizione di linearità e di stazionarietà; schemi a blocchi;

2) Controlli ad azione diretta e in retroazione; vantaggi della retroazione in rapporto alla robustezza;

3) Metodi di analisi dei sistemi dinamici lineari: equazioni differenziali lineare a coefficienti costanti; trasformata di Laplace; teorema di convergenza; linearità della trasformata di Laplace; trasformate di Laplace notevoli; teoremi sulle trasformate; soluzione delle equazioni differenziali con condizioni iniziali; funzione di trasferimento; antitrasformazione di funzioni razionali; modi; risposte canoniche;

4) Parametri della risposta al gradino del sistema del secondo ordine;

5) Analisi armonica: funzione di risposta armonica e suo legame con la funzione di trasferimento; diagrammi di Bode; diagrammi polari;

6) Stabilità e sistemi in retroazione: criterio di Routh; criterio di Nyquist;

7) Sintesi indiretta: dati di specifica e loro compatibilità; compensazioni ad azione diretta; reti correttrici: ritardatrice, anticipatrice, a ritardo e anticipo, formule di inversione;

8) Regolatori standard.

Esercitazioni al calcolatore

Testi consigliati

Dispense del docente.
G. MARRO, *Controlli automatici*, Quarta edizione riveduta e amp, Zanichelli, Bologna, 1997.

CONTROLLI AUTOMATICI LS **BO, cds: E**
Docente: **Giovanni Marro** prof. ord.

Finalità

L'insegnamento si propone di presentare le principali metodologie di sintesi sulle quali si basa la progettazione dei sistemi di controllo in retroazione ad una sola variabile controllata. Si prenderanno in considerazione in particolare i sistemi lineari e stazionari sia a tempo continuo sia a tempo discreto. Si forniranno inoltre le tecniche basilari per l'analisi dei sistemi in retroazione non lineari.

Programma delle lezioni

Sistemi lineari e stazionari a tempo continuo

Sintesi indiretta: dati di specifica e loro compatibilità; compensazioni ad azione diretta; reti correttrici: integratrice, derivatrice, ritardatrice, anticipatrice, a ritardo e anticipo, a T ponticellato: diagrammi di Bode e polari; diagrammi polari a forma di circonferenza; compensazione con reti ritardatrici: diagrammi di Bode, contorno delle radici, diagrammi di Nichols (formule di inversione); compensazione con reti anticipatrici: diagrammi di Bode, contorno delle radici, diagrammi di Nichols (formule di inversione), cancellazione polo-zero; formule di inversione; uso della rete a ritardo e anticipo; uso della rete a T ponticellato; regolatori standard: parametri per la sintesi semiempirica di Ziegler-Nichols; retroazione tachimetrica: progetto con ripresa del guadagno statico per mantenere invariata la costante di velocità e relativo contorno delle radici; uso delle formule di inversione con i diagrammi di Bode.

Sintesi diretta: progetto analitico; vincoli; estensione al caso di retroazione non unitaria; funzione di sensibilità ai disturbi; uso dei filtri di Butterworth e di Bessel; estensione al caso di sistemi di tipo 2; estensioni ai casi di sistemi instabili, a fase non minima e con ritardi finiti; allocazione dei poli ad anello chiuso con l'equazione diofantea.

Realizzazione di funzioni di trasferimento: grafi di flusso di segnale; le cinque regole di riduzione; la formula di Mason; realizzazione parallela di funzioni di trasferimento; amplificatore operazionale; connessioni fondamentali: deduzione delle funzioni di trasferimento in base alla condizione di cortocircuito virtuale degli ingressi e non; connessioni fondamentali di tipo invertente: reti correttrici e regolatori standard; connessioni fondamentali di tipo non invertente: reti correttrici, rete anticipatrice con ripresa del guadagno statico, amplificatore in alternata, regolatore PI.

Sistemi lineari e stazionari a tempo discreto

I segnali campionati: generalità sul controllo digitale; la trasformata Z; antitrasformazione delle funzioni razionali; corrispondenza fra il piano s e il piano z; i principali teoremi sulla trasformata Z; approssimazioni discrete di derivate e integrali.

I sistemi a tempo discreto: la funzione di trasferimento discreta G(z); stabilità dei sistemi a tempo discreto; alcune realizzazioni di G(z); la funzione di trasferimento del sistema controllato; la trasformata Z modificata; la funzione di risposta armonica discreta; l'ondulazione introdotta dai dispositivi di tenuta.

I controlli digitali: errori a regime nella risposta ai segnali tipici; il criterio di Nyquist; la sintesi nel piano w; il luogo delle radici; i regolatori standard; il progetto analitico dei regolatori digitali.

Sistemi in retroazione non lineari

Sistemi in retroazione non lineari: costruzione grafica per la determinazione del punto di equilibrio; definizione ed uso della funzione descrittiva; condizioni per l'innesco di oscillazioni autosostenute stabili e instabili; funzione descrittiva della saturazione; esempio di impiego; soglia; soglia con saturazione; saturazione non netta; relé ideale; relé con soglia; relé con isteresi; gioco; funzione descrittiva per nonlinearità asimmetriche e suo uso quando il riferimento non sia nullo; criterio del cerchio; criterio di Popov; uso del criterio di Popov per dedurre intervalli di stabilità in funzione dell'ingresso di riferimento; procedimento grafico per lo studio dei sistemi a relé; formule per l'ampiezza e il periodo delle oscillazioni; isteresi negativa; linearizzazione dei sistemi a relé con il metodo della vibrazione imposta o parzializzazione.

Esercitazioni al calcolatore

Le esercitazioni in laboratorio vertono sulla progettazione assistita di sistemi di controllo in retroazione a una sola variabile controllata. In particolare, l'utilizzo di *TFI*, che consiste in una raccolta di programmi in Matlab, consente un'agevole elaborazione delle funzioni di trasferimento e rende accessibile le principali procedure matematiche e grafiche per lo studio dei sistemi di controllo.

Testi adottati

G. MARRO, *Controlli automatici*, quarta edizione riveduta e ampliata, Zanichelli, Bologna, 1997.
G. MARRO, *TFI: insegnare e apprendere i controlli automatici di base con Matlab*, Zanichelli, Bologna, 1998.

Altro materiale didattico

Dispense distribuite dal docente.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta e una prova orale: l'ammissione all'orale è subordinata al superamento dello scritto.

CONTROLLI AUTOMATICI LA **BO, cds: I, U**

Docente: **Alberto Tonielli** prof. straord.

Finalità del corso

Il corso si prefigge di fornire allo studente una conoscenza di base sui metodi di modellistica ed analisi dei sistemi dinamici lineari in retroazione.

L'enfasi è posta prevalentemente sulla comprensione dei concetti base di sistema e di modello, delle loro proprietà e dei metodi per analizzarle.

Programma

Introduzione al corso: sistemi e modelli, segnali e modelli come rappresentazione formale di

grandezze fisiche e sistemi.

Concetti base del controllo: controllo manuale, controllo automatico. Tipologie di controllo: in catena aperta, in retroazione. Esempi di semplici sistemi di controllo. Proprietà dei sistemi in retroazione: stabilità, robustezza alle variazioni dei parametri, insensitività ai disturbi.

Parti componenti di un sistema controllato in retroazione: l'impianto, i sensori, il dispositivo di controllo, gli attuatori.

Modellistica di sistemi dinamici

Tipologie ed uso di segnali e modelli. Considerazioni energetiche. Analogie tra diversi domini fisici. Modelli statici e dinamici, modelli per il controllo.

Modelli nello spazio degli stati di sistemi elementari elettrici, meccanici, idraulici, termici. Linearizzazione di sistemi nonlineari.

Analisi dei sistemi

Strumenti matematici per la descrizione dei sistemi lineari: dalla rappresentazione nello spazio degli stati alle funzioni di trasferimento. La trasformata di Laplace. Poli e zeri della funzione di trasferimento.

Analisi nel dominio del tempo: stato, modi, equilibrio. Sistemi del primo e del secondo ordine, risposte indiciali, ruolo degli zeri.

Analisi nel dominio delle frequenze: la trasformata di Fourier di segnali, la funzione di risposta armonica. I diagrammi di Bode.

Analisi dei sistemi in retroazione: margine di ampiezza e margine di fase, stabilità. Criterio di Nyquist, criterio di Bode, luogo delle radici.

Introduzione a strumenti di CAD per l'analisi: Matlab e Simulink.

Funzioni di sensitività, di sensitività complementare, di sensitività del controllo. Definizione delle specifiche: stabilità, robustezza, specifiche statiche, specifiche dinamiche. Specifiche nel dominio dei tempi e nel dominio delle frequenze. Relazioni tra le caratteristiche della funzione di trasferimento ad anello aperto ed il comportamento del sistema in retroazione.

CONTROLLI AUTOMATICI LB **BO, cds: I, U**

Docente: **Alberto Tonielli** prof. straord.

Finalità del corso

Il corso si prefigge di fornire allo studente una conoscenza di base sui concetti ed i metodi di progetto dei sistemi di controllo automatico.

Obiettivo didattico complessivo dei due corsi di Controlli Automatici (LA ed LB) è quello di mettere lo studente nelle condizioni di analizzare e progettare semplici sistemi di controllo per impianti lineari ad un ingresso ed una uscita.

Programma

Introduzione al progetto di sistemi di controllo: specifiche di progetto per un sistema di controllo. Esempio guida per il progetto.

Scenari e problemi di controllo: classificazione di scenari e problemi di controllo, individuazione di tipologie di regolazione idonee alla risoluzioni dei problemi di controllo classificati.

Sintesi di semplici regolatori standard: reti correttrici: proprietà e metodi di taratura. Regolatori PID: proprietà e metodi di taratura

Schemi di controllo più avanzati: controllo in cascata, precompensazione del riferimento,

azioni di controllo in catena aperta, predittore di Smith per sistemi con ritardo. Controllo di posizione di un apparato meccanico.

Studio di alcuni problemi di controllo più complessi: sistemi con ritardo e sistemi con poli complessi poco smorzati.

Implementazione dei regolatori: problemi causati dalla saturazione dell'attuatore in regolatori con azione integrale, implementazione digitale su calcolatore

Nello svolgimento del corso si farà ampio uso di strumenti di CAD specializzati (Matlab, Simulink, Multitool), che verranno adeguatamente illustrati agli studenti. Per concretizzare l'apprendimento dei concetti sviluppati viene proposto agli studenti lo svolgimento, a gruppi, di semplici progetti di sistemi di controllo utilizzando gli strumenti di CAD sopracitati, con la redazione di una sintetica relazione finale che sarà discussa in sede di esame.

Testi di riferimento

G. MARRO, *Controlli automatici*, Zanichelli Editore, Bologna.
P. BOLTZERN, R. SCATTOLINI, N. SCHIAVONI, *Fondamenti di controlli automatici*, Mc Graw-Hill.
Dispense a cura del docente

CONTROLLI AUTOMATICI LS **BO, cds: I, E**
Docente: **Giovanni Marro**, prof. ord.

Finalità del Corso

L'insegnamento ha lo scopo di fornire le basi metodologiche per l'analisi dei sistemi lineari e non lineari e la sintesi dei dispositivi di controllo, osservazione e filtraggio ottimo dei sistemi lineari a più ingressi e più uscite.

Programma
Lezioni:

1. Lo spazio degli stati. Concetti fondamentali. Esempi di sistemi dinamici. La soluzione numerica delle equazioni differenziali. Metodi di Runge-Kutta. Controllo ed osservazione. I principali problemi della teoria dei sistemi e del controllo.

2. I sistemi lineari. Sistemi a tempo continuo lineari non stazionari. Sistemi a tempo continuo lineari stazionari. Estensioni ai sistemi a tempo discreto. I sistemi campionati nello spazio degli stati. Richiami di algebra lineare: basi e sottospazi, autovalori, autovettori e forma di Jordan.

3. Proprietà dei modelli lineari stazionari. Controllabilità e osservabilità. Sistemi equivalenti e realizzazioni. Alcune realizzazioni canoniche. Relazioni fra la rappresentazione dei sistemi dinamici lineari stazionari nello spazio degli stati e con matrici di trasferimento. Significato degli zeri nello spazio degli stati. Allocazione degli autovalori con retroazione dallo stato. Sintesi degli osservatori. Allocazione degli autovalori con retroazione dalle uscite. Procedimenti di calcolo utilizzati nello studio dei sistemi dinamici: scomposizione di Schur, scomposizione ai valori singolari.

4. Controllo ottimo. Le equazioni matriciali di Sylvester e di Lyapunov. Norme di segnali e sistemi. Il controllo ottimo in retroazione. Regolazione ed inseguimento ottimi a orizzonte infinito con retroazione dello stato. Equazione algebrica di Riccati. Margini di stabilità. Regolazione con specifiche formulate nel dominio delle frequenze. Il controllo integrale. Il controllo ottimo ad orizzonte finito. Uso dei regolatori con risposta all'impulso finita (FIR).

5. Stima ottima dello stato in ambiente stocastico. Richiami sui processi stocastici. Il filtro di

Kalman. La regolazione in minima norma H2 con retroazione dalle uscite.

6. Analisi della stabilità. Il primo metodo e il metodo diretto di Lyapunov. Funzioni definite positive e funzioni di Lyapunov. Cicli limite. Stabilità dei sistemi lineari non stazionari.

Esercitazioni al calcolatore in ambiente Matlab sugli argomenti precedenti.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova scritta (soluzione di un esercizio utilizzando Matlab) e in una prova orale.

Propedeuticità consigliate

Analisi matematica LA, LB, Matematica applicata, Geometria e algebra LA, Controlli automatici LA e LB.

Testi consigliati

G. MARRO, *Teoria dei sistemi e del controllo*, Zanichelli, 1998.
G. MARRO, *Controlled and Conditioned Invariants in Linear System Theory*, traduzione in inglese del testo precedente, disponibile in formato pdf sul sito web del docente.
G. MARRO, *Modellistica e controllo dei sistemi multivariabili*, dispense su altri argomenti trattati nel corso, disponibili in formato pdf sul sito web del docente.
Fotocopie delle trasparenze usate a lezione.

CONVERSIONE ELETTROMECCANICA DELL'ENERGIA L **BO, cds: N**

Docente: **Antonino Grande** prof. ass.

Introduzione

Generalità sui principi di conversione elettromeccanica dell'energia. Metodologie per la generazione di forze e di coppie. Bilanci energetici. Principi di conversione statica.

Macchine elettriche

Caratteristiche ingresso/uscita dei motori in corrente continua, dei motori brushless e dei motori asincroni. Confronti fra i vari motori e campi di applicazione.

Azionamenti Elettrici

Principi di regolazione della velocità delle macchine elettriche.

Conversione Statica

Caratteristiche ingresso/uscita delle principali tipologie di convertitori statici.

Testi consigliati

A.E. FITZGERALD, C. KINGSLEY JR., A. KUSKO, *Macchine Elettriche*, Franco Angeli Editore, Milano, 1978.
Appunti integrativi forniti durante l'Insegnamento.

L'esame comprende una prova orale sugli argomenti svolti durante le lezioni.

COSTRUZIONE DI MACCHINE **BO, cds: N**
Docente: **Sergio Curioni** prof. ord.

Finalità dell'Insegnamento

Lo scopo dell'Insegnamento è quello di fornire gli strumenti necessari per effettuare il dimensionamento dei componenti meccanici e degli organi di macchine: a tale scopo verranno approfondite le conoscenze sul comportamento dei materiali a sollecitazioni statiche, a fatica e in presenza di difetti, sulle metodologie di calcolo degli organi di macchine e dei componenti meccanici utilizzando anche l'analisi matriciale.

Programma

1. Elementi fondamentali della progettazione meccanica. Le fasi della progettazione. Criteri per la scelta dei processi costruttivi. Fattori di sicurezza, tolleranze, normativa.
2. Principi di base della progettazione meccanica. Problemi staticamente determinati e indeterminati, richiami di geometria delle masse. Stato tensionale e deformativo di una trave, il cerchio di Mohr, il fattore di concentrazione delle tensioni.
3. Materiali utilizzati nelle costruzioni meccaniche e loro terminologia. Tipi di acciai e trattamenti termici relativi, caratteristiche statiche, comportamento a fatica.
4. Carichi variabili. Il fattore di concentrazione delle tensioni a fatica, le curve di fatica di un materiale, danno cumulativo.
5. Fondamenti della meccanica della frattura. Stato tensionale e deformativo all'apice del difetto, considerazioni energetiche, condizioni per l'accrescimento del difetto, caratterizzazione del materiale e prove di laboratorio relative.
6. I criteri di resistenza. Esame critico ed applicazione ai differenti settori delle costruzioni meccaniche. Normativa italiana ed internazionale.
7. Il calcolo matriciale delle strutture per via diretta: analisi di una reticolare e di un telaio. L'equazione di equilibrio dell'elemento strutturale e del sistema. Calcolo manuale ed automatico.
8. Il calcolo matriciale di strutture continue. La formulazione variazionale ed il metodo di Ritz. La formulazione variazionale ed il metodo degli elementi finiti. L'equazione di equilibrio dell'elemento finito e del sistema. Calcolo manuale ed automatico.
9. Lo studio di particolari sistemi: la lastra circolare, il tubo ed i recipienti sferici di grosso spessore, il tubo di piccolo spessore. Determinazione dell'equazione differenziale di equilibrio e soluzione esatta, calcolo approssimato con l'elemento finito. Le tensioni termiche.
10. Collegamenti mediante saldatura, con chiodature, con perni e spine. Differenti forme di giunzione saldate e calcolo della resistenza in condizioni statiche e dinamiche. Calcolo delle chiodature. Sollecitazione nei perni e spine. Normativa.
11. Collegamenti a vite. Calcolo delle forze e rendimento di unavite di lavoro. Sollecitazione e calcolo delle viti di serraggio. Esame e valutazione dei punti critici.
12. Le molle elastiche. Diversi tipi di molle e parametri caratteristici delle molle. Molle sollecitate a trazione-compressione, flessione e torsione. Sollecitazioni ammissibili.
13. Gli alberi di trasmissione. Potenza trasmessa e calcolo delle tensioni. Calcolo degli accoppiamenti per attrito e di forma albero-mozzo. Normativa.
14. Cuscinetti radiali ed assiali. Criteri di scelta dei cuscinetti. Calcolo del carico sopportabile e della vita.

Bibliografia

G. NIEMANN, *Elementi di macchine*, vol. 1, Ed. Scienza e Tecnica, Milano, 1983.

M.S. SPOTTS, *Design of Machine Elements*, Ed. Prentice-Hall Inc., 1985.
F. CESARI, *Analisi matriciale delle strutture*, Ed. Pitagora, 1994.
F. CESARI, L. MENEGHINI, *Calcolo automatico di telai e strutture piane*, Ed. Pitagora, 1991.

Esame: scritto e orale.

Propedeuticità consigliate
Scienza delle costruzioni, Meccanica applicata alle macchine.

COSTRUZIONE DI MACCHINE

BO, cds: M

Docenti: **Pier Gabriele Molari** prof. ord.

Scopo del Corso
Fornire metodi per la costruzione delle macchine e dei loro organi.

Programma
Le macchine e la loro vita.
L'impostazione del progetto.
Metodi di rappresentazione.
Il progetto di una macchina semplice.
Complementi di analisi di stati tensionali e deformativi in organi di macchina.
Il calcolo a resistenza.
Il calcolo ad usura.
Il calcolo a deformazione eccessiva.
Il calcolo ad urto.
Relazione su organo di macchina andato in avaria.

Modalità d'esame
L'esame consiste in una prova scritta inerente al calcolo ed al dimensionamento di semplici organi meccanici ed in una prova orale su argomenti svolti nel corso delle lezioni e delle esercitazioni.

Indirizzo delle tesi di laurea
Progetto di gruppi meccanici. Studio di organi di macchina.

Propedeuticità consigliate
Meccanica applicata alle macchine, Scienza delle costruzioni, Tecnologia meccanica.

Testi Consigliati

JUVINALL R., MARSHEK K.M., *Fondamenti della progettazione dei componenti delle macchine*, Edizioni ETS 2001, Pisa.
STROZZI A., *Costruzione di Macchine*, Pitagora Ed. Bologna.
GIOVANNOZZI R., *Costruzione di Macchine*, Voll.2 Patron, Bologna.
PILKEY W.D., *Peterson's Stress Concentration Factors*, Ed 2^ John Wiley & Sons, 1997 New York.
HALL A.S., HOLOWENKO A.R., LAUGHLIN H.G., *Theory and Problems of Machine Design. Costruzione di Macchine*, Schaum's Outline series, McGraw-Hill Book Co. 1961.

Norme UNI-CNR 10011.
ORLOV, *Fundamentals of Machine Design*, Voll.5, Ed. Mir Mosca.

COSTRUZIONE DI MACCHINE **BO, cds: G**
Docente: **Dario Croccolo** prof. ass.

Parte prima: analisi degli equilibri e delle sollecitazioni nei componenti delle macchine

Generalità sulla progettazione meccanica. Introduzione allo studio di un sistema meccanico. Analisi delle funzioni e relative sottofunzioni, rappresentazione delle relazioni cinematiche e dinamiche tra gli elementi di macchina. Studio degli equilibri tra i corpi rigidi. Lavoro e potenza, trasmissione del moto e dell'energia tra gli elementi. Caratteristiche morfologiche dei componenti meccanici. Analisi dei carichi agenti sui componenti meccanici. Modelli strutturali per l'analisi delle condizioni di carico e degli stati di sollecitazione. Stati di tensione interna. La trazione. La flessione pura. Il taglio. La torsione (travi a sezione circolare, a sezione rettangolare a sezione aperta, a sezione chiusa teoria di Bredt). Rigidezza e deformabilità dei componenti. Concentrazione delle tensioni. Tensioni causate da snervamento. Tensioni termiche. Importanza delle tensioni residue. Instabilità elasto-plastica per carico di punta. Modalità di collasso di componenti meccanici per danneggiamento strutturale: cedimento sotto carichi statici e dinamici. Richiami sui cerchi di Mhor sulle ipotesi di resistenza dei materiali in caso di sollecitazioni di tipo statico. Coefficienti di sicurezza: concetto e definizioni. Coefficienti di sicurezza: scelta dei valori numerici.

Parte seconda: la fatica

Concetti di base. La resistenza a fatica nel caso di flessione rotante (prova di Moor). Curve di Wöhler. Resistenza a fatica per flessione alternata. Resistenza a fatica per sforzo normale alternato. Resistenza a fatica per torsione alternata. Influenza del tipo di carico sulla resistenza a fatica. Influenza delle dimensioni sulla resistenza a fatica. Influenza del gradiente delle sollecitazioni sulla resistenza a fatica. Influenza delle finitura superficiale sulla resistenza a fatica. Effetto della tensione media sulla resistenza a fatica. Diagrammi di Goodmann-Smith, diagrammi di Haigh. Coefficienti di sicurezza nella sollecitazione a fatica: concetto e definizioni. Effetto delle concentrazioni delle tensioni e del materiale. Ipotesi di resistenza dei materiali in caso di sollecitazioni di tipo dinamico. Effetto dei trattamenti superficiali sulla resistenza a fatica dei componenti.

Parte terza: applicazioni

Collegamenti filettati e viti di manovra. Geometria dei filetti, terminologia ed unificazione. Sforzi statici sulle filettature. Sollecitazioni nei bulloni con forze esterne applicate al giunto. Rivetti, saldatura ed incollaggio. Procedimenti di saldatura. Giunti saldati sottoposti a carico assiale e di taglio. Giunti saldati sottoposti a carico statico torsionale e flettente. Cuscinetti volventi. Tipi di cuscinetti volventi. Progetto dei cuscinetti volventi. Montaggio dei cuscinetti volventi. Scelta dei cuscinetti volventi.

Testo adottato

RC. JUVINALL, K.M. MRSHEK, *Fondamenti della progettazione dei Componenti delle Macchine*, Ed. ETS, Pisa, 1993

Testi di consultazione

R. GIOVANNOZZI, *Costruzione di macchine*, vol. I e II, Patron, Bologna

NIEMANN/WINTER, *Elementi di macchine*, vol. I, EST Springer–Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
O. BELLUZZI, *Scienza delle costruzioni*, Zanichelli Bologna.

COSTRUZIONE DI MACCHINE II

BO, cds: M

Docente: **Francesco Cesari** prof. ass.

L'insegnamento si propone l'analisi di alcuni argomenti che fanno da complemento alla costruzione di macchine, dal punto di vista dei fenomeni fisici, della loro modellazione e degli strumenti di lavoro. A tale scopo l'insegnamento si articola come segue.

1. Il calcolo manuale ed automatico nella analisi strutturale. Il calcolo matriciale delle strutture. Studio dei telai. Il metodo degli elementi finiti per l'analisi delle strutture complesse.
2. Dal disegno del componente alla discretizzazione in elementi finiti.
3. Metodi analitici e numerici per lo studio di semplici componenti: recipienti in pressione cilindrici e sferici di grosso spessore, lastre circolari, cilindriche e sferiche. I recipienti in pressione: normativa e progetto.
4. La trave di Eulero-Bernouilli e di Timoshenko. Gli elementi finiti flessionali.
5. Calcolo automatico della distribuzione di temperatura in un componente e relative tensioni termiche, sia in stato stazionario che in transitorio.
6. I materiali anisotropi e compositi. Il comportamento meccanico dei materiali compositi a fibra lunga.
7. Calcolo delle frequenze proprie di alberi di trasmissione. Metodi analitici e numerici.
8. Problemi di non linearità geometrica. La instabilità elastica delle strutture snelle. Soluzioni analitiche e numeriche.
9. Problemi di non linearità materiale: materiali elastici non lineari, elastoplastici, viscoelastici e viscoelastoplatici. L'equazione costitutiva del materiale. Soluzioni analitiche e numeriche.

Il corso prevede esercitazioni in aula per l'impostazione teorica e la modellazione di problemi proposti dal docente ed esercitazioni nel laboratorio di informatica per la realizzazione di fogli di calcolo per la progettazione di semplici componenti e la costruzione e l'utilizzo di programmi "ad hoc" agli elementi finiti.

Bibliografia

1. Appunti del docente.
2. F. CESARI, *Calcolo matriciale delle strutture*, Pitagora Ed.
3. F. CESARI, *Calcolo automatico di telai e strutture piane*, Pitagora Ed.
4. G. CALIGIANA, F.CESARI, *Materiali compositi*, Pitagora Ed.

COSTRUZIONE DI MACCHINE AUTOMATICHE E ROBOT

BO, cds: M

Docente: **Gabriele Vassura** prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento: fornire all'allievo una conoscenza dei problemi di progettazione e costruzione delle macchine per l'automazione dei processi discreti; illustrare i mezzi disponibili

per la loro soluzione; indicare i criteri per la scelta di tali soluzioni e le modalità per una applicazione ottimale.

Tale scopo è conseguito mediante la trattazione di argomenti specifici inerenti la progettazione di macchine automatiche e non presentati in altri corsi, associata a quella di argomenti propri della progettazione meccanica in generale, dei quali vengono proposti richiami ed approfondimenti finalizzati alla applicazione particolare.

Il programma è articolato in tre parti rispondenti all'esigenza di offrire in un primo tempo una visione globale della macchina automatica come unità avente determinati requisiti economici e funzionali (classificazione; valutazione economica; impostazione generale del progetto di una macchina automatica); di analizzare poi gli elementi costruttivi della macchina, studiandone i problemi di progettazione, costruzione ed installazione (esame dei sistemi di attuazione e comando, con particolare riferimento ai sistemi meccanici di più comune impiego ed ai sistemi oleodinamici e pneumatici); infine di presentare alcune moderne realizzazioni, con particolare riferimento ai robot industriali, di cui saranno esaminati e discussi aspetti costruttivi, funzionali ed applicativi.

Lo svolgimento dell'insegnamento prevede, oltre al normale numero di ore di lezione, alcune ore settimanali di esercitazioni, visite ad industrie del settore, seminari e conferenze.

Testi consigliati:

Appunti redatti dal docente.

Esame orale, comprensivo della discussione del progetto svolto durante le esercitazioni.

Propedeuticità consigliate
Meccanica Applicata alle Macchine, Tecnologia meccanica, Costruzione di macchine.

Tesi di laurea: avranno carattere sia di progettazione che di ricerca.

COSTRUZIONE DI MACCHINE PER L'INGEGNERIA CHIMICA L **BO, cds: Q**
Docente: **Giangiacomo Minak** ric.

ELEMENTI DI DISEGNO TECNICO. Tipi e grossezze di linee. Proiezioni ortogonali. Sezioni. Quotatura. Collegamenti con organi filettati. Complessivi di apparecchiature chimiche.
ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA. Designazione dei materiali. Prove sui materiali. Saldature. Controlli non distruttivi.
TENSIONI e DEFORMAZIONI MEMBRANALI nei recipienti a pressione.
CILINDRI DI GROSSO SPESSORE. Cilindri blindati. Autoblindamento.
PIASTRE CIRCOLARI SOGGETTE A FLESSIONE.
TEORIA FLESSIONALE DEI GUSCI CILINDRICI. Recipiente cilindrico con fondi emisferici, ellissoidici, piani.
FLANGE. Tensioni nelle flange. Preserraggio dei bulloni.
CONCENTRAZIONI DI TENSIONE. Aperture rinforzate.
CALCOLO DELLE SALDATURE.
FATICA
MECCANICA DELLA FRATTURA

Testi Consigliati

MANFÉ, POZZA, SCARATO, *Disegno Meccanico*, Vol. 1 e 2.
V. DAL RE, *Lezioni del Corso di Costruzione di Macchine per Ingegneria Chimica*, Progetto Leonardo.
V. DAL RE, *Esercizi del Corso di Costruzione di Macchine per Ingegneria Chimica*, Progetto Leonardo,
F. CESARI, *Calcolo matriciale delle Strutture*, Ed Pitagora Bologna.
R. C. JUVINALL, K. M. MARSHEK, *Fondamenti della progettazione dei componenti delle macchine*, ETS, Pisa.

COSTRUZIONE DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI **BO, cds: D, R, C**
Docente: **Alberto Bucchi** prof. ord.

Problematiche di progettazione delle infrastrutture viarie.
Strade, Ferrovie, Aeroporti, Porti. Logistica. Interconnessione fra i vari modi. Passeggeri e merci.

Problemi della sicurezza e dell'ambiente.
Il comportamento umano. Il rapporto veicolo-uomo-strada. Sinistrosità. Analisi del rischio. Cenni di Via. Nuovo approccio metodologico progettuale.

Traffico.
Indici di traffico. Capacità. Flussi. Velocità. Relazioni fra portata, densità, velocità. Indagini di traffico. Aree urbane, metropolitane, extraurbane.

Progetto della sezione stradale.
Condizioni di traffico. Livelli di servizio. Autostrade. Strade ordinarie. Manuale H.C.M. Verifica della sezione. Norme C.N.R. n. 77 e n. 60. Nuovo codice della strada. Nuova normativa C.N.R.

Progetto stradale.
Nuova normativa C.N.R. La filosofia della progettazione integrata.

Geometria del tracciato stradale.
Raggio minimo. Pendenza trasversale. Allargamento. Visibilità. Raccordi planimetrici. Norme C.N.R. Raccordi altimetrici. Rettifili. Studio dell'asse.Coordinamento plano-altimetrico

Corpo stradale.
Geometria del solido stradale. Calcolo dei volumi. Classifica delle terre. Prove sulle terre. Piano di posa dei rilevati. Rilevati. Piano di posa delle trincee. Trincee. Compattazione. Prove di laboratorio ed in sito per la compattazione. Elementi di geotecnica stradale.

Spinta delle terre e opere di sostegno.
Equilibrio delle terre. Coulumb. Rankine. Spinta attiva e passiva. Casi particolari. Sovraccarico. Costruzione di Poncelet. Muri di sostegno. Tipologie. Muri a gravità. Muri in c.a. a elle ed a costoloni. Opere complementari. Muri a tiranti. Gabbioni e muri prefabbricati. Terra armata. Terrra rinforzata.

Gallerie.
Problematiche. Nuovo approccio progettuale. Sezioni. Classifica rocce. Carichi agenti e parametri geotecnici. Calcolo rivestimento. Sostegni provvisori. Fasi esecutive. Metodo NATM.

Ferrovie.

Le grandi problematiche italiane ed europee. Sovrastruttura: elementi compositivi e materiali. Scartamento. Rotaie. Traversine. Stazioni. Alta Velocità: scelta progettuale e attuali realizzazioni.

Aeroporti.

La politica aeroportuale. Tipi di aerei. Ubicazione. Elementi dell'area aeroportuale. Lunghezza piste di volo. Classifica aeroporti. Orientamento delle piste. Spazi liberi attorno alle piste.

Sovrastrutture stradali.

Problematiche. Tipologie. Strati superficiali. Strati di base. Strati di fondazione. Pavimentazioni rigide. Trattamenti superficiali. Microtappeti a freddo. Conglomerati drenanti. Reologia dei conglomerati bituminosi. Bitumi modificati. Controlli sulla pavimentazione (capacità portante, aderenza, regolarità).

Prove sui materiali stradali in opera.

Calcolo delle sovrastrutture. Metodi semiempirici: CBR, Road Note 29, AASHO. Metodi razionali: Bisar, Ivanov. Calcolo delle sovrastrutture rigide. Catalogo delle sovrastrutture.

Prove sui materiali stradali.

Materiali lapidei. Bitumi. Emulsioni bituminose.

Testi consigliati:

BUCCHI, *Dispense delle lezioni.*
TESORIERE, *Costruzioni di strade, ferrovie ed aeroporti.*
FERRARI e GIANNINI, *Costruzioni di strade.*

Propedeuticità consigliate: Scienza delle costruzioni, Tecnica delle costruzioni, Topografia, Geotecnica.

Esami orali. Le esercitazioni consistono nella progettazione di un tronco di strada ordinaria in zona montagnosa.

Tesi di Laurea- Indirizzo teorico e di ricerca
Indirizzo pratico-applicativo

COSTRUZIONE DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI II **BO, cds:C**
Docente: **Giulio Dondi** prof. straord.

1. IL PROGETTO STRADALE

I gradi di progettazione successiva alla luce della Normativa vigente. Composizione di un progetto stradale ai livelli preliminare, definitivo ed esecutivo. Progettazione geometrica assistita: definizione e caratteristiche del modello digitale del terreno (DTM) su base raster e vettoriale. Progettazione mediante poligonale d'asse e per elementi. Illustrazione delle caratteristiche dei principali strumenti di progettazione stradale.

2. COSTRUZIONE DEI RILEVATI E DELLE TRINCEE

Stabilità del piano di posa: carichi di rottura e di plasticizzazione; cedimenti immediati e differiti. Stabilità delle scarpate: tecniche di discretizzazione e verifica, analisi comparativa dei

metodi di Fellenius e Bishop, determinazione del miglioramento della stabilità mediante berlinesi tirantate e verifica degli ancoraggi. Consolidamento dei piani di posa e delle scarpate. Problemi di addensamento: tecniche di campionamento e prove Proctor e C.B.R.

2.1 I SOTTOFONDI STRADALI

Definizione della portanza; prova di carico con piastra (PLT): a ciclo unico ed a cicli ripetuti, definizione del coefficiente di costipamento; metodo HRB. Metodo CBR e FAA. Determinazione di K e M_d ed E.

2.2 IMPIEGO DEI GEOSINTETICI

Generalità sui geosintetici: geotessili tessuti e nontessuti, geogriglie, georeti, geocompositi, geocelle, geomembrane. Funzioni ed applicazioni dei geosintetici: separazione, rinforzo, filtrazione, drenaggio, rinforzo superficiale ed impermeabilizzazione. Caratteristiche fisico-chimiche dei principali geosintetici e dei polimeri; creep e creep apparente, durabilità e metodo dei coefficienti di sicurezza parziali. Riconoscimento pratico dei principali geosintetici. Prove di accettazione e caratterizzazione.

2.3 TECNICHE SPECIALI

Rilevati alleggeriti per terreni compressibili: impiego dell'argilla espansa, di polistirene espanso sinterizzato (EPS). Tecniche di preconsolidamento con microdreni verticali (dreni a nastro) per cedimenti differiti; Materie prime secondarie: reimpiego di materiali di scarto: il ROSE, ceneri volanti e loppe d'altoforno. Stabilizzazioni delle terre con leganti idraulici: miscele binarie e ternarie:

3. SOVRASTRUTTURE STRADALI.

3.1 TIPOLOGIE

Tipologie tradizionali e con leganti modificati. Strati di fondazione, di base, di collegamento e di usura. Inerti granulari: composizione granulometrica a fuso continuo e discontinuo; inerti granulari stabilizzati. Misti cementati. Progettazione e mix-design dei conglomerati bituminosi: metodo francese. Prova Marshall: % di bitume, granulometria, indice dei vuoti, percentuale di filler. Sovrastrutture rigide: progettazione dei conglomerati cementizi: % di cemento, inerti, acqua: Resistenza, confezione, posa e giunti.

3.2 SUPERPAVE

Il metodo SHRP-SUPERPAVE per il mix design dei conglomerati bituminosi con pressa giratoria. Prove sui leganti: RTFOT, pressure aging vessel, viscosimetro rotazionale, bending beam rehometer, DSR e DTT. Reologia dei conglomerati bituminosi: prove dinamiche, prove di creep, modulo complesso, influenza della temperatura e della frequenza.

3.3 METODI DI CALCOLO

Calcolo a fatica delle sovrastrutture stradale flessibili. Individuazione della vita utile di progetto della sovrastruttura: rilievi di traffico, composizione del traffico di progetto, fattori di equivalenza dei veicoli, individuazione del traffico in ESA (equivalent standard axle). Metodi semiempirici:, Road Note 29, AASHO (PSI, IS), esempi di calcolo. Metodi razionali: Bisar, leggi di fatica, esempi di calcolo. I Cataloghi delle sovrastutture stradali. Pavimentazioni cementizie: Westergaard, Burmister-Peltier, Hogg. Influenza della temperatura: variazioni stagionali, variazioni giornaliere. Tecniche di controllo: falling weight deflectometer, trave di Benkelman.

4. OPERE D'ARTE

4.1 OPERE DI SOSTEGNO DELLE TERRE

4.1.1 *Opere tradizionali*

Spinta delle terre in regime rigido-plastico: Rankine, Columb, Muller-Breslau. Condizioni al contorno: geometria dell'estradosso e attrito struttura-terreno, grafici di progetto NAV-FAC. Opere tradizionali: muri in c.a. in condizioni particolari: terreno a tergo stratificato, presenza di battente idraulico. Muri in zona sismica: metodi di Mononobe-Okabe e Normativa Italiana (D.M. 16-1-1996).

4.1.2 *Opere speciali*

Spinta delle terre in regime elasto-plastico ed interazione terreno-struttura: influenza dell'OCR del terreno e della profondità secondo Janbu sul coeff. (kj) di spinta delle terre. Opere speciali: berlinesi a più livelli di ancoraggio.

4.1.3 *Terre rinforzate*

Caratteristiche delle terre rinforzate. Definizioni di macrorinforzo e microrinforzo. Criteri di calcolo: verifiche si stabilità esterne ed interne, cuneo attivo e passivo, altezza limite, lunghezza minima dei rinforzi. Esempi applicativi: tecnica "wrap-around", Terre Armate, Textomur, Conwall. Modalità di messa in opera

4.2 Sottovia scatolari a spinta

Campi d'impiego. Caratteristiche geometriche e strutturali: scatolare, platea di varo, muro reggispinta. Criteri di calcolo: spinta in fase di varo e di esercizio.

5. GALLERIE

Indagini preliminari: sismica a rifrazione, cross-hole, down-hole, sondaggi a carotaggio dalla superficie e dal fronte di scavo, cunicolo pilota. Le tecniche di scavo. Determinazione della spinta del terreno: teoria dell'effetto arco secondo terzaghi, classifica dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski e metodo del rock mass rating (RMR). Rivestimenti: rivestimento provvisorio e definitivo, criteri di calcolo mediante le curve caratteristiche ed i modelli FEM, tipologie costruttive. Gallerie sotto falda. Consolidamenti del fronte di scavo in condizioni difficili. Impianti di ventilazione. Controlli in fase di realizzazione

6. SICUREZZA STRADALE

Caratteristiche della rete stradale nazionale, classificazione e caratteristiche geometriche delle strade. L'incidentalità: cause e politiche europee per la sicurezza stradale. Fattori che influenzano la sicurezza stradale: aderenza e regolarità. Sistemi di gestione delle strade: il Catasto stradale, costituzione, gestione ed aggiornamento. Il GPS nella costituzione de Catasto stradale.

6.1 Pavimentazioni ad elevata aderenza

Conglomerati bituminosi drenanti e fonoassorbenti. Conglomerati bituminosi antiskid. Conglomerati bituminosi tipo splitmastixasphalt.

6.2 Barriere di sicurezza

Evoluzione della Normativa Italiana ed Europea. Criteri di classificazione delle barriere. Livelli di Contenimento ed Indici di Severità. Limiti di accettazione: parametri ASI, THIV, e PHD. Criteri di posizionamento ed ancoraggio. Prove di inpatto (crash tests).

7. AEROPORTI

Caratteristiche geometriche dell'"Air side". Piste di volo, Taxiways, e Piazzali di sosta: dimensioni, pendenze e segnaletica. Calcolo della sovrastruttura: metodi FAA e STBA. Prove di carico. Zone critiche e giunti tra pavimentazioni diverse. Gambe di forza e carico equivalente su ruota singola. Numero PCN dell'aerostazione e dell'aeromobile. Calcolo delle sovrastrutture flessibili e rigide.

8 FERROVIE

Armamento ferroviario: armamento per alta velocità, piastre di armamento in c.a. Composizione della sovrastruttura ferroviaria.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella progettazione, assistita mediante elaboratore, della parte geometrica di un tronco stradale.

Ad ogni gruppo di tre studenti vengono forniti, in comodato temporaneo gratuito:

- cartografia numerica;
- software di progettazione ROADMAKER con relativo manuale d'uso in formato .pdf su CD, e chiave hardware di protezione per la porta parallela.

Supporti didattici:

Agli studenti viene messa a disposizione una copia dei lucidi e delle diapositive presentati a lezione.

Testi consigliati:

G. TESORIERE, *Costruzioni di Strade, Ferrovie ed Aeroporti.*
F. GIANNINI e P. FERRARI, *Costruzioni stradali e ferroviarie.*
A. GOMES CORREIA, *Flexible Pavements*, Balkema, 1996, ISBN 90 5410 523 2

COSTRUZIONE DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI LA **BO, cds: C**
Docente: **Alberto Bucchi** prof. ord.

Problematiche di progettazione delle infrastrutture viarie.

Strade, Ferrovie, Aeroporti, Porti. Logistica. Interconnessione fra i vari modi. Passeggeri e merci.

Problemi della sicurezza e dell'ambiente.

Il comportamento umano. Il rapporto veicolo-uomo-strada. Sinistrosità. Analisi del rischio. Cenni di Via. Nuovo approccio metodologico progettuale.

Traffico.

Indici di traffico. Capacità. Flussi. Velocità. Relazioni fra portata, densità, velocità. Indagini di traffico. Aree urbane, metropolitane, extraurbane.

Progetto stradale.

Nuova normativa. La filosofia della progettazione integrata.

Geometria del tracciato stradale.

Raggio minimo. Pendenza trasversale. Allargamento. Visibilità. Raccordi planimetrici. Norme. Raccordi altimetrici. Rettifili. Studio dell'asse.Coordinamento plano-altimetrico

Corpo stradale.

Geometria del solido stradale. Calcolo dei volumi. Classifica delle terre. Prove sulle terre. Piano di posa dei rilevati. Rilevati. Piano di posa delle trincee. Trincee. Compattazione. Prove di laboratorio ed in sito per la compattazione. Elementi di geotecnica stradale.

Spinta delle terre e opere di sostegno.
Equilibrio delle terre. Coulomb. Rankine. Spinta attiva e passiva.

Ferrovie.
Le grandi problematiche italiane ed europee. Sovrastruttura: elementi compositivi e materiali. Scartamento. Rotaie. Traversine. Stazioni. Alta Velocità: scelta progettuale e attuali realizzazioni.

Sovrastrutture stradali.
Problematiche. Tipologie. Strati superficiali. Strati di base. Strati di fondazione. Pavimentazioni rigide. Trattamenti superficiali. Microtappeti a freddo. Conglomerati drenanti. Reologia dei conglomerati bituminosi. Bitumi modificati. Controlli sulla pavimentazione (capacità portante, aderenza, regolarità).
Prove sui materiali stradali in opera.

Prove sui materiali stradali.
Materiali lapidei. Bitumi. Emulsioni bituminose.

Testi consigliati:

BUCCHI, *Dispense delle lezioni.*
TESORIERE, *Costruzioni di strade, ferrovie ed aeroporti.*
FERRARI e GIANNINI, *Costruzioni di strade.*
ESPOSITO e MAURO, *Fondamenti di Infrastrutture viarie.*

Propedeuticità consigliate: Scienza delle costruzioni, Tecnica delle costruzioni, Topografia, Geotecnica.
Esami orali. Le esercitazioni consistono nella progettazione di un tronco di strada ordinaria in zona montagnosa.
Tesi di Laurea
Indirizzo teorico e di ricerca
Indirizzo pratico-applicativo

COSTRUZIONI IDRAULICHE **BO, cds: R, C**
Docente: **Armando Brath** prof. ord.

1) *Elementi di idrologia*
Fenomenologia del ciclo idrologico - Precipitazioni: regime e misura. Infiltrazione: misura e modelli matematici. Evaporazione, traspirazione ed evapotraspirazione: misure e modelli interpretativi. Deflussi dei corsi d'acqua: misura ed elaborazioni elementari.
Il bacino idrografico - Caratteri morfologici. Bilancio idrologico di un bacino.
Le piene fluviali - Formazione dell'onda, modelli lineari di trasformazione, modelli dell'invaso, della corrivazione, della cascata di serbatoi; calibrazione dei modelli matematici.
La metodologia statistica applicata all'analisi delle serie idrologiche - Le grandezze idrologiche come variabili aleatorie. Elaborazioni su campioni. Distribuzioni di probabilità per l'analisi delle variabili idrologiche continue e discrete.

2) *Dighe e traverse*

Regimi fluviali e regolazione dei deflussi. Opere di sbarramento. Dighe (tipologia) e traverse. Serbatoi: determinazione della capacità di regolazione e gestione di invasi con capacità insufficiente. Derivazione senza regolazione. Opere di trasporto. Schemi di impianti idroelettrici. Problemi di moto vario negli impianti idroelettrici. Colpo d'ariete. Manovre brusche e lente e relative sovrappressioni. Moto vario nel sistema galleria-pozzo piezometrico.

3) *Sistemazione dei corsi d'acqua*

Richiami e complementi di idraulica delle correnti a pelo libero - Moto uniforme. Profili di pelo libero di correnti permanenti monodimensionali in alvei prismatici. Singolarità.

Correnti in alvei erodibili e trasporto solido - Caratteristiche dei sedimenti ed inizio del moto. Fenomeni di instabilità del fondo; forme di fondo e loro effetto sulle resistenze al moto. Trasporto di fondo e trasporto in sospensione. Formule per la previsione del trasporto solido. Configurazione di equilibrio di un tronco fluviale.

Sistemazioni montane - Sistemazione dei versanti (cenni). Sistemazione delle aste torrentizie. Pendenza di compensazione. Briglie ordinarie e selettive. Opere longitudinali e repellenti.

Sistemazioni fluviali e controllo delle piene - Opere longitudinali. Statica degli argini in terra. Interventi intesi a modificare la scala di deflusso della sezione fluviale. Serbatoi di laminazione delle piene e casse di espansione. Diversivi e scolmatori. Preannuncio delle piene. Impatto delle opere idrauliche sul regime fluviale. Effetti indotti dalla presenza di opere idrauliche di controllo delle piene. Effetti sui profili di pelo libero in moto permanente. Effetti indotti durante i fenomeni di piena.

4) *Acquedotti*

Fabbisogni. Previsioni demografiche e dotazioni idriche. Requisiti di qualità delle acque potabili. Fonti di approvvigionamento ed opere di presa. Captazione di falde idriche: pozzi e gallerie filtranti. Derivazione di acque superficiali. Opere di adduzione. Studio del tracciato. Progetto e verifica dell'acquedotto esterno. Impianti di sollevamento. Casse d'aria. Serbatoi di compenso. Caratteristiche delle reti di distribuzione. Progetto e verifica delle reti a maglie aperte. Calcolo delle reti a maglie chiuse. Condotte per acquedotto.

5) *Sistemi di drenaggio urbano*

Generalità. Sistema di fognatura. Tipologia delle reti. Tipi di sezioni. Limiti di velocità. Calcolo delle portate di acque nere. Calcolo delle portate delle acque meteoriche. Evento critico. Coefficienti udometrici. Scala delle portate di sezioni chiuse. Materiali per condotte. Manufatti speciali (pozzetti di ispezione, di caduta, di cacciata, caditoie stradali, connessione agli impianti domestici, etc.). Vasche volano finalità d'uso e dimensionamento idraulico. Scaricatori di piena: rapporti di diluizione, tipologie costruttive e loro funzionamento idraulico: sfioratori laterali, scaricatori a salto, derivatori frontali. Impianti di sollevamento.

6) *Bonifiche idrauliche*

Finalità delle opere di bonifica. Franco di bonifica. Bonifiche per colmata e per prosciugamento. Bonifiche a scolo naturale, meccanico, intermittente. Criteri di progettazione. Scala delle portate. Verifica dei canali di bonifica. Metodo della corrivazione. Metodo dell'invaso: tempo di riempimento di un collettore, evento critico e coefficiente udometrico. Principali manufatti per reti di bonifica.

7) *Impianti di irrigazione*

Evapotraspirazione potenziale ed effettiva. Bilancio idrologico del terreno agrario. Fabbisogni. Fonti di approvvigionamento. Consegna a turno e a domanda. Metodi di irrigazione: irriga-

zione per espansione superficiale, irrigazione per aspersione (a pioggia), irrigazione localizzata (a goccia).

Testi consigliati

G. SUPINO, *Le reti Idrauliche*, Pàtron, Bologna.
G. EVANGELISTI, *Impianti Idroelettrici*, Pàtron, Bologna.
F. ARREDI, *Costruzioni Idrauliche*, UTET, Torino.
U. MAIONE, *Le piene fluviali*, La Goliardica pavese, Pavia.
U. MAIONE, A. BRATH, *Moderni criteri di sistemazione degli alvei fluviali*, Bios, Cosenza.
U. MAIONE, A. BRATH, *La sistemazione dei corsi d'acqua naturali*, Bios, Cosenza.
U. MAIONE, A. BRATH, *La difesa idraulica del territorio*, Bios, Cosenza.
A. PAOLETTI, *Sistemi di fognature e di drenaggio urbano*, Edizioni CUSL, Milano.

Tesi di laurea, disponibili sia applicative che di ricerca.

COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA — BO, cds: D, C

Docente: **Pier Paolo Diotallevi** prof. ord.

Elementi di sismologia. Cause dei terremoti. Fuoco, magnitudo, intensità energia. Tipi e caratteri delle onde sismiche; legge di propagazione delle onde. Rilevamento delle caratteristiche delle onde sismiche di un sito, zonazione e microzonazione. Catalogo dei terremoti.

Richiami di dinamica delle strutture. Oscillatore semplice: vibrazioni libere e vibrazioni forzate con e senza smorzamento.

Analisi sismica di strutture con comportamento elastico lineare. Risposta dell'oscillatore semplice ad un sisma, spettro di risposta. Sistemi strutturali con masse concentrate e con masse distribuite: oscillazioni libere, oscillazioni forzate, risposta ad accelerazioni impresse ai vincoli. Richiami sulle tecniche numeriche di calcolo. Coordinate principali, disaccoppiamento delle equazioni del moto, analisi modale. Coefficiente di partecipazione. Criteri per la determinazione degli stati di sollecitazione e di deformazione. Metodi di integrazione passo-passo. Analisi sismica delle strutture mediante criteri statici. Criteri informatori e prescrizioni delle vigenti norme (analisi modale semplificata). Sistemi strutturali piani semplici e composti. Sistemi strutturali con comportamento spaziale. Formulazione al discreto ed al continuo. Sistemi equivalenti a strutture complesse. Le norme vigenti.

Analisi sismica di strutture con comportamento non lineare. Duttilità di una sezione e di un elemento strutturale per azioni monotone e per azioni cicliche. Cerniera plastica e duttilità. Oscillatore elasto-plastico. Spettro di risposta di progetto: coefficiente di struttura. Progetto a duttilità controllata. Sistemi a più gradi di libertà: procedimenti di calcolo, programmi di calcolo, metodi semplificati. La normativa europea per le zone sismiche.

Criteri di progetto per le diverse tipologie strutturali. Strutture di c.a., a panelli, metalliche e miste con riferimento alle normative vigenti, alle normative europee ed alle norme estere più avanzate.

Progetto di strutture di muratura in zona sismica. Comportamento delle strutture di muratura sotto sisma. Criteri generali di progetto delle costruzioni di muratura: maschio isolato, associazioni di più maschi murari, sistemi con comportamento spaziale. Metodo Por. Riferimenti normativi.

Interazione terreno-struttura. Richiami delle proprietà dinamiche dei terreni e relativi metodi di valutazione. Modelli di comportamento dinamico dei terreni. Criteri di modellazione dell'in-

terazione terreno-struttura. Criteri di progetto delle fondazioni superficiali e profonde. La liquefazione dei terreni: liquefazione statica e ciclica, fattori di influenza, potenziale di liquefazione, criteri per la prevenzione dei danni prodotti dalla liquefazione. Strutture di sostegno del terreno in presenza di azioni sismiche, stabilità dei pendii.

Interventi sulle strutture danneggiate dal sisma. Esame dei danni prodotti dal sisma sulle diverse tipologie strutturali. Criteri di intervento per il ripristino della resistenza. Esempi di intervento e criteri di calcolo.

Miglioramento ed adeguamento sismico. Indicazioni normative, criteri di progettazione. Strutture miste. Telai tamponati.

Isolamento sismico delle costruzioni e sistemi di dissipazione. Concetti fondamentali sull'isolamento sismico. Sistemi di isolamento al piede delle costruzioni e relativi criteri di modellazione. Teoria lineare dell'isolamento alla base. Accoppiamento di spostamenti e rotazioni per edifici isolati alla base. Attuali riferimenti normativi per il progetto di costruzioni isolate. Sistemi di dissipazione e controllo attivo sulle costruzioni. Valutazioni di carattere energetico per il progetto delle strutture ed il controllo degli effetti del sisma.

Sili e serbatoi. Criteri di progettazione e normative (cenni).

Durante l'insegnamento viene richiesto il progetto di alcune ricorrenti strutture in zona sismica.

COSTRUZIONI MARITTIME **BO, cds: C, R**

Docente: **Alberto Lamberti** prof. ord.

1) Richiami sui moti ondosi: onde lineari e teorie di Stokes, Airy e Gerstner; onda solitaria. Maree: teoria statica; correnti marine e loro origine. Condizioni di frangimento. Riflessione, rifrazione e diffrazione delle onde. Valutazione delle massime altezze d'onda prevedibili in un paraggio: formule empiriche; metodo dell'onda significativa; metodo dello spettro di energia; criteri per la scelta dell'altezza d'onda di progetto. Azioni esercitate dalle onde sulle strutture. Effetti dell'acqua di mare sui calcestruzzi e sugli altri materiali da costruzione; corrosione dei metalli e protezione catodica.

2) Caratteristiche dei natanti e principali problemi della navigazione. Cartografia nautica; segnalazioni radioelettriche; fari e boe.

3) Le coste, definizioni e interazione col mare; trasporto di materiale da parte del mare; corrosioni e ripascimenti e loro cause; valutazione del trasporto solido lungo le rive; opere di difesa delle coste.

4) I porti: tipi, configurazioni e principali strutture. Le dighe e i moli di protezione; tipi e criteri di dimensionamento, problemi statici, economici e costruttivi; fondazioni. Le opere interne; banchine, darsene, terrapieni e loro attrezzature; terminali specializzati. Calcolo dei muri di sponda di vario tipo e degli organi di ormeggio. Strutture speciali nei porti: chiuse per docks, bacini da carenaggio e bacini-scalo: tipi ed elementi di calcolo. Esempi recenti di grandi realizzazioni.

5) I porti turistici. Caratteri generali, criteri tecnico-economici di impianto e dimensionamento. Valutazione delle aree necessarie. Tipi di strutture d'attracco e di servizio.

6) Idrovie artificiali e naturali. Tipi e dimensioni dei natanti, in relazione ai manufatti dell'idrovia; conche di navigazione, elevatori, passi a raso, ponti-canale e problemi statici e idraulici connessi. Canalizzazione dei corsi d'acqua per la navigabilità; leggi di Fargue e mezzi di intervento sull'andamento planimetrico; opere radenti e trasversali.

7) Opere fluviali. Controllo e correzione del profilo altimetrico di un corso d'acqua con briglie e soglie. Il problema della difesa dalle piene: interventi estensivi ed intensivi; serbatoi di con-

trollo delle portate; arginature; casse di espansione. Cenni sui moderni mezzi di rilevazione, elaborazione automatica e controllo degli eventi di piena.

Tesi di laurea

Opere portuali e strutture di servizio. Piattaforme offshore. Porti turistici. Opere idroviarie. Regolarizzazione di corsi d'acqua. Azioni dei metodi ondosi sulle strutture. Inquinamenti marini.

Materie indispensabili per lo svolgimento della tesi:

Gruppo idraulico. Tecnica delle Costruzioni. Geotecnica e Tecnica delle fondazioni.

Testi consigliati: un'aggiornata bibliografia è contenuta negli appunti forniti agli studenti.

DINAMICA DEGLI AZIONAMENTI ELETTRICI LS **BO, cds: E**

Docenti: **Domenico Casadei** prof. straord.

Finalità del corso

Il corso si propone di individuare i modelli ai valori istantanei delle macchine elettriche per lo studio dei transitori elettromeccanici. In particolare sono determinati i modelli dei motori in corrente continua, motori brushless, motori asincroni e motori passo-passo. Sono presentate le metodologie di controllo che permettono di regolare in modo diretto la coppia elettromagnetica. Vengono infine analizzate le prestazioni dell'intero azionamento sia con simulazioni numeriche, sia con prove di laboratorio.

Programma

Azionamenti con motori in c.c.– Modello dinamico delle macchine in corrente continua. Analisi dei transitori elettromeccanici con alimentazione in tensione. Controllo di coppia. Controllo di velocità. Analisi e dimensionamento dei regolatori di coppia e velocità. Caratteristiche degli azionamenti con raddrizzatori controllati. Caratteristiche degli azionamenti con chopper. Strutture di azionamenti per funzionamento su due e quattro quadranti. Simulazione di azionamenti completi in ambiente SIMULINK di MATLAB.

Azionamenti con motori brushless – Modello dinamico delle macchine sincrone basato sulla teorica degli assi in quadratura. Motori brushless a magneti superficiali. Controllo ad orientamento di campo. Analisi delle prestazioni limite in coppia e velocità. Motori brushless a magneti annegati. Tecniche di controllo di coppia. Prestazioni limite in coppia e velocità. Motori brushless a riluttanza pura. Tecniche di controllo di coppia. Prestazioni limite in coppia e velocità. Simulazione di azionamenti completi in ambiente SIMULINK di MATLAB. Analisi della sensibilità alle variazioni dei parametri. Campi di applicazione e confronti fra le varie tipologie di azionamento.

Azionamenti con motori asincroni – Modello dinamico delle macchine asincrone basato sulla teorica degli assi in quadratura. Controllo ad orientamento di campo dei motori asincroni. Metodologie per il controllo di coppia di tipo diretto ed indiretto. Analisi della sensibilità alle variazioni dei parametri. Controllo dei motori asincroni tramite la tecnica DTC. Confronti fra controllo ad orientamento di campo e DTC. Prestazioni limite in coppia e velocità degli azionamenti con motori asincroni. Simulazione di azionamenti completi in ambiente SIMULINK di MATLAB.

Azionamenti con motori passo-passo – Modello dinamico semplificato dei motori passo-passo. Circuiti di alimentazione e tecniche di controllo. Analisi dei problemi di instabilità a bassa e ad alta velocità. Analisi delle prestazioni limite in coppia al variare della frequenza di alimentazione. Simulazione di azionamenti completi in ambiente SIMULINK di MATLAB.

Azionamenti con motori a riluttanza variabile – Modello semplificato dei motori a riluttanza variabile. Circuiti di alimentazione e tecniche di controllo. Analisi delle prestazioni con alimen-

tazione di due fasi alla volta ed utilizzo di opportuni profili di corrente. Simulazione di azionamenti completi in ambiente SIMULINK di MATLAB.

Esercitazioni – Il Corso comprende esercitazioni numeriche. Nelle esercitazioni vengono affrontati problemi di simulazione di azionamenti elettrici e di dimensionamento dei regolatori di coppia e di velocità.

Esame l'esame comprende una prova orale sugli argomenti svolti nelle lezioni teoriche e la discussione di una esercitazione.

Testi consigliati

A.E. FITZGERALD, C. KINGSLEY JR., A. KUSKO, *Macchine Elettriche*, Franco Angeli Editore, Milano, 1978.

JOHN M.D. MURPHY, F.G. TURNBULL, *Power Electronic Control of AC Motors*, Pergamon Press, Oxford, 1988.

TAKASHI KENJO, *Stepping motors and their microprocessor controls*, Clarendon Press, Oxford, 1985.

T.J.E. MILLER, *Brushless permanent-magnet and reluctance motor drives*, Clarendon Press, Oxford, 1989.

T.J.E. MILLER, *Switched reluctance motor and their control*, Clarendon Press, Oxford, 1989.

Appunti integrativi forniti durante l'Insegnamento.

DINAMICA DEI SISTEMI NON LINEARI E ALEATORI LS — BO, cds: L

Docente: **Augusto Muracchini** prof. straord.

Obiettivo didattico specifico

Il corso ha come obiettivo didattico specifico di fornire allo studente gli strumenti fisico-matematici per pervenire al possesso critico ed operativo di alcuni aspetti fondamentali della modellistica dei sistemi dinamici, con specifico riferimento ad esempi di sistemi meccanici ed elettromeccanici: comportamento periodico, stabilità e transizione a comportamenti dinamici più complessi.

Richiami di alcune nozioni di meccanica analitica: equazioni di Lagrange, forze conservative (funzione Lagrangiana), integrali primi del moto, coordinate cicliche. Formulazione del 10 ordine delle equazioni del moto, trasformata di Legendre, equazioni di Hamilton, trasformazioni canoniche, variabili azione-angolo.

Sistemi dinamici: definizioni e primi esempi, sistemi continui e sistemi discreti, sistemi lineari e loro integrabilità, sistemi non lineari, integrali primi, sistemi conservativi.

Sistemi lineari: generalità sui sistemi di equazioni differenziali del primo ordine, sistemi omogenei con coefficienti costanti e metodologie per la loro integrazione, sistemi lineari non omogenei.

Sistemi non lineari: punti fissi: caso discreto e continuo, stabilità e instabilità dei punti fissi, stabilità globale, linearizzazione, spazio e piano delle fasi, classificazione dei punti fissi, sistemi quasi lineari. Il 20 metodo di Ljapounov, teorema di Ljapounov, funzioni di Ljapounov, teorema di Lagrange-Dirichlet, sistemi gradiente, sistemi hamiltoniani, insiemi limite e attrattori, orbite periodiche, cicli limite, mappa di Poincaré, teorema di Poincaré-Bendixson. Vari esempi di sistemi non lineari: oscillatori, circuiti, equazione di Duffing, di Lienard, di Van der Pol, l'equazione

logistica, il modello preda-predatore.

Sistemi non lineari e caos: sistemi strutturalmente stabili e instabili, sistemi dinamici continui, parametro di biforcazione, diagramma di biforcazione, vari tipi di biforcazione (sella-nodo, transcritica, a forchetta, di Hopf), il modello di Lorenz, attrattori strani. Sistemi discreti, la mappa logistica, raddoppiamento di periodo e transizione al caos. Cenni sulla teoria dei frattali.

Testi consigliati:

Vengono utilizzati vari testi per le singole parti del corso e, per alcuni argomenti, si rimanda alla letteratura scientifica. Alcuni di tali riferimenti bibliografici sono disponibili on line. Le indicazioni vengono fornite di volta in volta nel corso dello svolgimento delle lezioni.

DINAMICA DELLE STRUTTURE **BO, cds: D, C**

Docente: **Stefano de Miranda** ric.

Premesse

Oggetto, finalità e modelli della Dinamica delle strutture. Vettori spostamento, velocità e accelerazione. Richiami sui moti armonici. Rappresentazioni sul piano complesso. Seconda legge di Newton. Pendolo composto. Moto nello spazio dei corpi rigidi. Formulazione unitaria dei problemi.

Dinamica dei sistemi ad un grado di libertà

Oscillatore semplice non smorzato. Identificazione strutturale ed oscillatore equivalente. Oscillatore semplice smorzato. Eccitazione armonica in assenza di smorzamento. Eccitazione armonica in presenza di smorzamento. Risposta in frequenza. Metodo simbolico e funzioni di trasferimento. Diagramma vettoriale delle funzioni di trasferimento. Diagrammi delle parti reale ed immaginaria delle funzioni di trasferimento. Moto impresso al supporto. Isolamento delle vibrazioni. Squilibrio rotante. Smorzamento viscoso, isteretico e di Coulomb. Smorzamento viscoso equivalente. Metodi per la determinazione sperimentale dello smorzamento. Introduzione ai metodi dell'energia: Principio di conservazione dell'energia, metodo di Rayleigh, equazione di Lagrange. Principio di Hamilton. Sistema generalizzato ad un grado di libertà: equazione del moto per il corpo rigido bidimensionale. Riduzione del sistema continuo all'oscillatore semplice. Mensola con massa concentrata in sommità e moto impresso alla base.

Eccitazione periodica ed analisi armonica

Serie di Fourier. Funzioni pari e dispari. Serie complessa. Determinazione della risposta a regime. Trasformata ed antitrasformata di Fourier. Trasformata di Fourier della derivata. Funzione di risposta in frequenza. Impulso rettangolare. Correlazione tra segnali e funzione di autocorrelazione. Rappresentazione dell'eccitazione, della risposta e del sistema nei domini del tempo e della frequenza e loro relazione. Energia e potenza di un segnale. Densità spettrale di potenza dell'eccitazione e della risposta. Teorema di Parseval. Valore quadratico medio della risposta di un oscillatore.

Forzanti generiche e carichi impulsivi

Risposta ad un impulso e ad una forzante generica. Integrale di Duhamel. Risposta dell'oscillatore smorzato alla forzante a gradino. Condizioni di carico particolare. Eccitazione impressa al vincolo. Illustrazione grafica dell'operazione di convoluzione. Analisi nel dominio del tempo e della frequenza.

Dinamica dei sistemi a più gradi di libertà

Oscillatore a più gradi di libertà. Deduzione delle equazioni del moto con il metodo diretto. Deduzione delle equazioni del moto mediante le equazioni di Lagrange. Oscillazioni libere senza smorzamento. Ortogonalità dei modi normali di vibrare. Teorema di espansione ed analisi modale. Condizioni iniziali non omogenee. Sistema smorzato ad N gradi di libertà. Riduzione alla forma canonica. Moto impresso ai vincoli del sistema.

Sistemi generalizzati a più gradi di libertà

Metodo dei coefficienti di influenza. Calcolo della matrice di flessibilità per un sistema a tre gradi di libertà. Esempio di calcolo della matrice di rigidezza. Metodo dei modi assunti. Rapporto di Rayleigh per la stima delle pulsazioni naturali.

Dinamica delle strutture

Vibrazione longitudinale della trave: equazione del moto, soluzione e modi normali di vibrare. Principio di ortogonalità: dimostrazioni attraverso il teorema di Betti e l'equazione dei modi normali. Vibrazione longitudinale forzata: analisi modale, osservazione sulle condizioni al contorno. Equazioni negli schemi statico e dinamico delle teorie fisiche. Equazione del moto attraverso l'applicazione del principio di Hamilton. Cenni sul metodo degli elementi finiti: metodo di Galerkin, metodo delle equazioni di Lagrange. Vibrazioni libere e forzate del cavo inestensibile: equazioni, soluzione, modi normali di vibrare. Schema delle teorie fisiche. Deduzione dell'equazione del moto del cavo inestensibile attraverso il principio di Hamilton. Vibrazioni torsionali: equazioni, soluzione, modi normali di vibrare, condizioni al contorno. Schema delle teorie fisiche. Deduzione dell'equazione del moto forzato della trave a mensola sollecitata a torsione attraverso il principio di Hamilton. Mensola con sola deformabilità tagliante: equazioni, schema delle teorie fisiche, soluzione, modi normali di vibrare. Trattazione unificata delle equazioni e delle proprietà dei sistemi monodimensionali: equazioni del moto, operatore fondamentale, principio di ortogonalità dei modi normali. Deposito di terreno su banco roccioso: equazioni, schema delle teorie fisiche, soluzione, modi normali di vibrare. Vibrazioni della trave inflessa: equazione del moto, soluzione, modi normali di vibrare. Trave appoggiata agli estremi con condizioni iniziali. Pulsazioni naturali per differenti condizioni di vincolo. Ortogonalità dei modi naturali di vibrare. Oscillazioni forzate. Equazioni scritte nello schema delle teorie fisiche. Applicazione del principio di Hamilton. Tensore di deformazione finita (cenni). Influenza dello sforzo assiale. Mensola sollecitata da eccitazione sismica. Metodo di Galerkin, forma debole e forte dell'equazione del moto (cenni). Metodo delle equazione di Lagrange. Vibrazioni forzate e libere della membrana. Vibrazioni flessionali delle piastre sottili: equazioni negli schemi statico e dinamico delle teorie fisiche. Ipotesi cinematica e componenti di deformazione, equazioni indefinite di equilibrio, equazione fondamentale. Vibrazioni libere delle piastre rettangolari. Cenni sulla tecnica di soluzione delle equazioni del moto dei gusci (GDQ Method).

Dinamica aleatoria

Vibrazioni casuali e deterministiche. Definizioni di probabilità. Esperimento casuale. Spazio Campione. Evento. Teoremi della probabilità. Probabilità condizionata. Eventi indipendenti. Variabile aleatoria. Istogramma e poligono delle frequenze. Distribuzione di probabilità. Funzione di ripartizione. Proprietà della funzione densità di probabilità. Densità di probabilità uniforme. Densità di probabilità di Rayleigh. Valori aspettati. Definizione di valore aspettato. Interpretazione geometrica dei valori aspettati. Densità normale con media nulla. Definizione di processo stocastico. Medie sull'insieme delle realizzazioni. Medie temporali. Processi stazionari ed ergodici. Risposta del sistema ad eccitazione casuale. Relazioni generali per sistemi a più gradi di libertà. Proprietà dei sistemi a più gradi di libertà nello spazio modale. Caratterizzazione delle grandezze

fisiche e modali. Calcolo delle statistiche dell'eccitazione e della risposta per un sistema a più gradi di libertà. Statistiche delle forze nodali e generalizzate. Statistiche della risposta generalizzata e nodale. Risposta nodale in termini di eccitazione nodale.

Identificazione dinamica delle strutture

Modelli matematici che descrivono il legame tra ingresso ed uscita di un sistema: spaziale, modale, delle funzioni di trasferimento. Identificazione dei parametri modali e fisici dei sistemi ad un grado di libertà. Funzione di trasferimento dei sistemi a N gradi di libertà. Prove sperimentali: tipi di eccitazione e generatori di vibrazione. Rilevazione delle grandezze fisiche: strumenti di misura e loro caratteristiche essenziali. Acquisizione ed analisi dei dati. Operazioni eseguite dai programmi di calcolo sui segnali acquisiti in ingresso e in uscita. Analisi nei domini del tempo, delle frequenze e delle ampiezze. Teorema del campionamento e funzione di coerenza. Fasi operative di una prova dinamica. Determinazione delle frequenze e delle forme modali. Modi naturali e complessi. Scansione in frequenza. Funzioni di trasferimento sperimentali. Identificazione dei sistemi strutturali.

Onde elastiche e Principio di Hamilton

Equazioni ed operatori di equilibrio, di congruenza e di legame elastico. Equazioni indefinite di equilibrio in termini di spostamenti: notazione estesa, matriciale ed operatoriale, nel caso statico ed in quello dinamico. Schema delle teorie fisiche. Deduzione delle equazioni del moto di alcuni elementi strutturali (asta, corda, membrana). Onde tridimensionali di taglio e longitudinali. Cenni sul metodo degli elementi finiti per il solido tridimensionale. Determinazione dell'equazione del moto attraverso il Principio dei lavori virtuali.. Determinazione dell'equazione del moto attraverso le equazioni di Lagrange. Forma generale del Principio di Hamilton.

Testi consigliati

VIOLA E., *Fondamenti di dinamica e vibrazione delle strutture*, Pitagora Editrice, Bologna, 2001, Voll. 1-2.

VIOLA E., *Analisi matriciale delle strutture*, Pitagora Editrice, Bologna, 1996.

DINAMICA E CONTROLLO DEI PROCESSI CHIMICI — BO, cds: Q

Docente: **Gabriele Pasquali** prof. ass.

Nell'Insegnamento vengono esaminati i vari tipi di apparecchiature per le operazioni unitarie dell'ingegneria chimica, in relazione alla costruzione dei modelli, alla determinazione dei parametri, al comportamento in stato non stazionario ed ai problemi di regolazione.

Esame dello stato stazionario di un processo chimico. Stato quasi-stazionario e stato dinamico. Confronto tra il comportamento dinamico ed il comportamento stazionario di un processo chimico. Esame delle procedure per la progettazione delle apparecchiature chimiche e per l'individuazione delle condizioni ottimali di esercizio di un processo chimico, ed analisi della influenza della dinamica delle apparecchiature e del controllo sulla conduzione ottimale del processo. Modelli matematici nell'ingegneria chimica, loro esame in base alla natura del processo fisico modellato ed alla struttura delle equazioni risultanti.

Costruzione di modelli dinamici per alcune apparecchiature chimiche. Metodi numerici per la soluzione delle equazioni differenziali con particolare riferimento al transitorio delle apparecchiature più comuni. Metodi di analisi, uso dell'approssimazione lineare e linearizz-

zazione, metodi per la soluzione dei modelli lineari. Esame del campo di validità dei modelli lineari.

Costruzione di modelli dinamici per le principali apparecchiature chimiche sede di reazioni chimiche e di processi di scambio di materia e di calore. Uso delle correlazioni di processo nei modelli dinamici. metodi numerici per la soluzione delle equazioni differenziali con particolare riferimento al transitorio delle apparecchiature più comuni. Metodi di analisi, uso dell'approssimazione lineare e linearizzazione, metodi per la soluzione dei modelli lineari. Esame del campo di validità dei modelli lineari.

Richiami sulla trasformata di Laplace. Esame degli ingressi in un processo chimico, disturbi tipici, loro rappresentazione matematica e relativa L-trasformata. Determinazione della risposta dinamica di una sede mediante l'uso della trasformata di Laplace, funzione di trasferimento. Analisi frequenziale, diagramma di Bode.

Apparecchiature chimiche a stadi (modelli a parametri concentrati), elementi caratteristici della risposta di sistemi del primo e secondo ordine e di apparecchiature a più stadi. Determinazione dei parametri caratteristici del modello dalla risposta dinamica dell'apparecchiatura. Apparecchiature chimiche a contatto continuo (modelli a parametri distribuiti), flusso a pistone con e senza diffusione assiale, apparecchiature in equi e controcorrente. Determinazione dei parametri caratteristici dalla risposta dinamica.

Trattazione approssimata per sistemi dinamici.

Stabilità, definizione e criteri per la determinazione della stabilità. Il controllo nelle apparecchiature chimiche. Controllo a retroazione. Effetto del tipo di controllo sulla dinamica e stabilità di un'apparecchiatura chimica. Elementi di un circuito di controllo, influenza degli elementi del circuito di controllo sulla dinamica dell'apparecchiatura. Caratteristiche degli elementi di un circuito di controllo. Problema della scelta delle variabili di controllo. Stabilità dei sistemi chiusi in retroazione. Criteri e metodi per la sintesi di controllo. Metodi empirici. Controllo feedforward, feedback-feddforward e controllo di cascata.

Criteri di massima per la scelta del tipo di controllo nella regolazione della temperatura, pressione, ecc. in apparecchiature chimiche. Esempi e metodi di controllo completo di apparecchiature chimiche.

Cenni sul controllo a molte variabili e sul problema dell'interazione. Sistemi di controllo di impianti completi. Introduzione all'uso del calcolatore digitale nel controllo di processo.

Testi consigliati:

J.M. DOUGLAS, *Process Dynamics and Control*, Prentice-Hall, 1972.
W.L. LUYBEN, *Process modelling simulation and control for chemical engineers*, Mc Graw-Hill.
G. STEPHANOPOULOS, *Chemical Process Control*, Prentice-Hall, 1984.

DINAMICA E CONTROLLO DELLE MACCHINE — BO, cds: M

Docente: **Davide Moro** prof. straord.

INTRODUZIONE ALLO STUDIO DEI SERVOCOMANDI

Generalità ed esempi di servosistema, dipendenza dell'azione correttiva dall'errore.

STUDIO MATEMATICO DEI SISTEMI DI CONTROLLO

Determinazione dell'integrale dell'equazione omogenea associata; criterio di stabilità di Routh; determinazione dell'integrale particolare; trasformata secondo Fourier e condizioni di esistenza della trasformata; trasformata secondo Laplace, trasformata di Laplace di alcune funzioni

tipiche; proprietà della trasformata di Laplace; studio dei sistemi nel dominio immagine; antitrasformazione mediante l'integrale di convoluzione; antitrasformazione mediante espansione in fratti semplici; calcolo grafico dei coefficienti c_k; stabilità dei sistemi.

STUDIO DELLA STABILITÀ DEI SISTEMI IN RETROAZIONE CON IL METODO DEL LUOGO DELLE RADICI

Luogo delle radici e regole per il suo tracciamento. Esempi numerici di luoghi delle radici partendo dalla mappa di poli e zeri in catena aperta.

COMPENSAZIONE

Generalità, la compensazione derivatrice o anticipatrice, la compensazione integratrice o ritardatrice, la compensazione integro-derivatrice.

COMPONENTI TIPICI DI UN SISTEMA DI REGOLAZIONE

Struttura di un sistema di regolazione; amplificatori operazionali elettrici, il regolatore PID elettrico, reti compensatrici elettriche; il tachimetro di Watt.

IL GRUPPO IDRAULICO CASSETTO MOTORE

Il cassetto a quattro spigoli pilotanti e ricoprimento negativo; il cassetto a quattro spigoli pilotanti e ricoprimento nullo; il cassetto a due spigoli pilotanti; sistema cassetto motore; sistema cassetto motore in retroazione.

REGOLAZIONE DI IMPIANTI DI TURBINE A VAPORE

Regolazione isodromica delle turbine a vapore; regolazione non isodromica; il grado di statismo; regolazione isodromica a statismo transitorio; regolatore di sicurezza.

REGOLAZIONE DI LIVELLO IN UN SERBATOIO

Schema dell'impianto e schema a blocchi; considerazioni sulla stabilità e sulla precisione del sistema.

REGOLAZIONE DELLA TEMPERATURA IN UN FORNO

Schema dell'impianto e suo schema a blocchi; considerazioni sulla stabilità e sulla precisione del sistema.

CONTROLLO E DIAGNOSTICA DEI MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA

La dinamica del collettore d'aspirazione e i sistemi di controllo speed-density, alfa-N. Il sistema di controllo del titolo mediante sonda lambda. La problematica del controllo del titolo durante i transitori di accelerazione. Cenni ai sistemi drive by wire. Sviluppo di un simulatore per l'analisi degli effetti dei transitori sul controllo motore.

La diagnosi dei guasti ai sensori ed attuatori di un motore.

La diagnosi delle mancate accensioni in un motore ad accensione comandata ad elevato numero di cilindri.

L'esame consiste in una prova orale.

DIRITTO DELL'AMBIENTE — BO, cds: R

Docente: **Dario Bortolotti** ric.

Sezione I: Diritto dell'ambiente

Nozione giuridica di ambiente. Norme costituzionali. Ripartizione di competenze e legislazione in materia ambientale.

Norme generali sull'igiene pubblica (Cod. Civ., Cod. pen. T.U.L.P.S., T.U.L.S., T.U.L.C.P.).

Inquinamento idrico: I, 10 maggio 1976, n. 319 e successive modifiche. I piani di risanamento delle acque. Regolamentazione degli scarichi (civili e industriali).

L'inquinamento del suolo: D.P.R. 10 settembre 1982, n. 915. Smaltimento dei rifiuti. Regime giuridico. I piani e le autorizzazioni. Cenni alla legislazione regionale.

La normativa sulle Materie Prime Secondarie: direttive CEE (n. 442/1975) legislazione statale (l. 475/1988, l. regionale (l. reg. Toscana n. 60/1988; l. reg. Lombardia n. 37/1988), norm. ministeriale (D.M. Ambiente 26/1/1990) e giurisprudenza costituzionale (sentenza n. 512 del 15 ottobre 1990).

La normativa sui rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali.

La normativa CEE (n. 501/82) e la normativa statale (D.P.R. 175/88).

Inquinamento Atmosferico: la nuova organizzazione amministrativa in tema di emissioni atmosferiche di impianti industriali.

Dalla (1966) al D.P.R. 24 maggio 1988 n. 203, a tutela della gestione amministrativa delle emissioni industriali nell'atmosfera.

La normativa vigente per il controllo degli impianti che producono energia.

La nuova definizione del concetto di (l'interpretazione autentica della Corte Costituzionale nella sentenza n. 127 del 16 febbraio 1990).

Sezione II: Diritto Minerario

I beni minerari. Qualificazione e condizione giuridica.

Ripartizione di competenze e specifiche discipline giuridiche per: - le miniere; - gli idrocarburi; - le acque minerali e termali; - le cave e torbiere (- le risorse geotermiche).

La l. mineraria 29 luglio 1927, n. 1443. La ricerca mineraria. Le concessioni minerarie. La disciplina giuridica degli idrocarburi. L'ENI e le società del gruppo. La l. 11 gennaio 1957, n. 6. La prospezione e la ricerca di idrocarburi. (l. 21 luglio 1967, n. 613).

Legislazione regionale sulle acque minerali e termali. Legislazione regionale sulle cave e torbiere.

Le norme sulla polizia delle miniere e delle cave. Le norme di incentivazione per le attività estrattive.

La l. 20 febbraio 1985, n. 41 (norme sull'esplorazione e la coltivazione delle risorse minerali dei fondi marini).

Cenni di diritto internazionale e di diritto comparato.

Testi consigliati:

1) Dispense.
2) D. Bortolotti, *Attività industriali e prevenzione dall'inquinamento (Le procedure amministrative)*, Collana "Energia ed Ambiente", Maggioli ed., Rimini, 1991.
3) Commentario alla legge 9 dicembre 1986, n. 896, *Disciplina della ricerca e della coltivazione e delle risorse geotermiche*, a cura di F. Roversi-Monaco e G. Caia, pubblicato sulla rivista "Le nuove leggi civili commentate", Cedam, Padova.

DISEGNO AUTOMATICO L **CE, cds: dud**

Docente: **Stefano Cinti Luciani** prof. inc.

Il corso si articola in una serie di lezioni volte a fornire le basi teoriche dell'uso del calcolatore come strumento di costruzione di modelli e rappresentazioni col computer ed in una parte pratica

costituita da esercitazioni con strumenti informatici.

Il corso si propone di fornire i fondamenti della computer grafica come strumento per il disegno, la modellazione geometrica e la rappresentazione.

Saranno trattati gli aspetti metodologici della grafica computerizzata partendo dalle basi informatiche specifiche fino a sviluppare una conoscenza critica degli strumenti e delle loro potenzialità.

Argomenti delle lezioni saranno:

CAD, Computer Grafica e multimedialita in relazione alle attivita di progettazione e di rappresentazione;

Strumenti informatici per la computer grafica (dispositivi di input/output, supporti per la memorizzazione, linguaggi grafici, reti locali e geografiche);

Strutture dati grafiche (rappresentazione raster e vettoriale, primitive grafiche, spazio 2D e 3D, display-list, gerarchia, rappresentazioni esatte ed approssimate);

Tecniche di interazione col calcolatore (ambienti e metafore, finestre, barre di strumenti e aree di dialogo, drag & drop, taglia e cuci, interazioni grafiche);

Programmi di disegno e di modellazione, modalita d'uso e concetti fondamentali. Il disegno tecnico con il calcolatore;

Modellazione 3D: wireframe, superfici e solidi (brevi cenni storici, modalità di rappresentazione e strutture dati, rappresentazione CSG e B-rep, concetto di topologia, strutture non manifold);

Rappresentazione di modelli tridimensionali (proiezioni parallele e prospettiche, punto di vista, centro focale, cono di vista, orizzonte);

Modelli del colore, tecniche di rendering e modelli di illuminazione, attributi dei materiali e textures.

Modalita d'esame

Lo studente dovrà aver raggiunto buona padronanza sia degli aspetti teorici e metodologici sia di quelli pratici del corso. Oltre a una discussione sugli argomenti del corso ed una valutazione sul lavoro sviluppato individualmente nell'ambito delle esercitazioni, lo studente sarà chiamato a dimostrare il livello di capacità raggiunto nelle attività di disegno, modellazione e comunicazione con l'ausilio del calcolatore.

Bibliografia

W. M. Newmann, R. F. Sproull, Computer Graphics, McGraw Hill Libri, Milano 1986.

S. Cinti Luciani, M. A. Crippa, R. Mingucci, *Il CAD nell'Ingegneria Civile*, Esculapio, Bologna 1989.

W. J. Mitchell, M. McCullough, *Digital Design Media*, McGraw Hill, Milano 1996.

DISEGNO DELL'ARCHITETTURA I **BO, cds: D**

Docente: **Fabrizio I. Apollonio** prof. ass.

Il corso si propone di indirizzare l'allievo all'impiego dei procedimenti, delle tecniche e dei metodi per la rappresentazione grafica ai fini delle problematiche analitiche, progettuali e sintetiche proprie dell'Ingegneria Edile.

Attraverso le lezioni teoriche, le esercitazioni e l'attività di laboratorio si intende sviluppare

una consapevolezza della forma, del grado di istruzione visiva e della capacità di pensare in maniera astratta e analitica.

Il disegno è inteso non come il mero processo meccanico di notazioni grafiche, ma il mezzo comunicativo a livello esplicativo e progettuale per la rappresentazione grafica di ogni oggetto nel piano e nello spazio.

Programma

Il disegno tecnico e quello a mano libera: finalità, strumenti, attrezzature, norme ed unificazioni, tecniche di riproduzione dei disegni. Il disegno di figure geometriche piane e di solidi semplici. Scale di rappresentazione: i rapporti di scala più appropriati alle finalità documentative; le problematiche insite nella rappresentazione alle varie scale. Problemi di percezione visiva e di figurazione della forma. Geometria e genesi progettuale. Geometria come forma di costruzione del progetto. Quotatura del disegno: scopo e criteri di quotatura; sistema di quote e scelta dei riferimenti. Normativa UNI Metodi di rappresentazione. La geometria proiettiva grafica: proiettività, prospettività, omologia. Proiezioni ortogonali. Metodo della doppia proiezione. Metodi di proiezione multipli. Enti geometrici fondamentali. Condizioni di appartenenza, parallelismo, ortogonalità. Superfici semplici e complesse: rigate, di rotazione, elicoidali. Prismoidi e cilindroidi: sezioni piane; innesti e raccordi. Proiezioni oblique. Teoria delle ombre ed applicazioni. Ombre tecniche. Proiezioni assonometriche (ortogonali ed oblique). Assonometrie unificate. Ombre in assonometria. Proiezioni centrali. Prospettiva concorrente (frontale ed accidentale) Ombre in prospettiva. Disegno di elementi edili: Archi e volte. Sistemi di collegamento verticale. Sistemi di coperture. Eliche ed elicoidi. Superfici rigate. Disegno dei serramenti. Rappresentazione degli elementi strutturali e costruttivi: Capriate e travi in legno. Capriate strutture in acciaio. Travi e strutture in c.c.a. Rappresentazione degli impianti tecnici nell'edilizia. Rappresentazione grafica negli interventi di recupero. Proiezioni quotate: planimetria; profilo. Il disegno del territorio e della città. Cartografia Lettura degli elementi cartografici di base.

Esercitazioni

Le esercitazioni, utili allo studente per esercitarsi nell'uso delle tecniche grafiche e proiettive, nonché nel disegno a mano libera, costituiranno un momento di approfondimento e di applicazione dei temi a carattere teorico.

Nell'ambito delle esercitazioni saranno sviluppati una serie di elaborati grafici, su fogli di carta formato A2 (150 gr/mq) che tratteranno i seguenti temi:
- Costruzioni geometriche e Geometria descrittiva
- Sezioni piane ed intersezioni di solidi
- Disegno di ordini ed elementi architettonici
- Disegno di volte
- Disegno tecnico

Laboratorio

Nel corso dello svolgimento dell'attività di laboratorio gli studenti approfondiranno un tema riguardante la rappresentazione dell'architetura. In particolare, attraverso una serie di elaborati grafici e con l'ausilio di qualsiasi metodo di rappresentazione, lo studente sarà chiamato a descrivere, spiegare, rappresentare un oggetto di architetura nella sua interezza, nella sua complessità e articolazione spaziale.

Esame

Prova grafica relativa ai metodi di rappresentazione trattati durante il corso: proiezioni ortogonali, ombre tecniche, prospettiva.

Prova orale articolata in due fasi distinte:

– colloquio ed esercizi di sintesi inerenti gli argomenti trattati nel corso delle lezioni e delle esercitazioni.

– esposizione e valutazione degli elaborati grafici prodotti nell'ambito del Laboratorio

Bibliografia

M. Docci, D. Maestri, *Scienza del disegno*, Torino, UTET, 2000.
M. Docci, *Manuale di disegno architettonico*, Bari, Laterza, 1992.
C. Bonfigli, C.R. Braggio, *Geometria descrittiva e prospettiva con applicazioni ed esercizi*, Milano, Hoepli.
R. Mingucci, *Esercizi di disegno edile*, Bologan, Patron 2001.
AA. VV., *Manuale dell'architetto*, Roma.
F. Fatta, *Geometria: avventura dello spazio e immagini della ragione*, Reggio Calabria, Jason, 1998.
A. Sgrosso, *La rappresentzaione geometrica dell'architettura. Applicazioni di geometria descrittiva*, Torino, Utet, 1996.
F. Mirri, *La rappresentazione tecnica e progettuale*, Roma, NIS, 1990.
A. Pratelli, *Il disegno di architettura*, Milano, Charta, 1994.
AA. VV., *Teorie e metodi del disegno*, a cura di M. Borgherini, Milano, CittàStudi, 1994.
Ente Nazionale di Unificazione, *M1 Norme per il disegno tecnico (I. Norme generali, II. Edilizia e setori correlati)*, Milano.
M. Docci, F. Mirri, *La redazione grafica del progetto architettonico*, Roma, NIS, 1989.
M. Docci, R. Migliari, *Scienza della rappresentazione. Fondamenti e applicazioni di geometria descrittiva*, Roma, NIS, 1992.

DISEGNO DELL'ARCHITETTURA L **CE, cds: dud**

Docente: **Cristiana Bartolomei** prof. inc.

Obiettivo del Corso:

- introdurre alla conoscenza dell'ambiente architettonico ed urbano al fine di comprendere e rappresentare, nelle varie scale congruenti agli obiettivi della comunicazione, lo "spazio" ed il "luogo" e le loro componenti;
- fornire gli elementi fondamentali per la corretta e completa analisi e misurazione dell'oggetto costruito e delle sue componenti, al fine di una sua completa ed articolata rappresentazione;
- sviluppare la conoscenza delle tecniche di rappresentazione, comprese quelle inerenti la nuova strumentazione digitale del disegno.

Argomenti trattati

La strumentazione per il disegno di progetto: dallo schizzo al modello digitale.

Il disegno interattivo: dal processo tradizionale al file della rappresentazione digitale.

Studio analitico delle fasi del processo progettuale (di ideazione, progettazione, costruzione ed evoluzione dell'oggetto architettonico) e delle relative tecniche di rappresentazione e di sintesi grafiche e modellistiche.

Rappresentazione dello spazio architettonico: dal grafo e diagrammi di forma, alla rappresentazione costruttiva.

Il disegno come mezzo di documentazione e di studio: rappresentazione del contesto urbano ed architettonico

I metodi di rappresentazione in funzione del processo di comunicazione del progetto.

Lettura e rappresentazione del territorio: percorsi e insediamenti. Individuazione e rappresentazione delle fasi di formazione e trasformazione del tessuto urbano.

Analisi e rappresentazione, alle diverse scale, dell'organismo edilizio: componenti funzionali e di sistema costruttivo.

Esercitazioni

Rappresentazione nelle opportune scale di un manufatto architettonico previa rappresentazione a schizzo.

Esame: prova orale

Bibliografia

DOCCI, M., MIRRI, F., *La redazione grafica del progetto architettonico*, Roma, N.I.S. 1989.

DISEGNO DI MACCHINE **BO, cds: M**

Docente: **Franco Persiani** prof. ord.

A seguito della evoluzione del Disegno Tecnico Industriale, passato dalla rappresentazione degli organi delle macchine alla odierna simulazione virtuale di sistemi meccanici e dei processi industriali, l'Insegnamento si propone di fornire strumenti conoscitivi per l'integrazione dei moderni metodi di progettazione del macchine. L'Insegnamento si compone di tre fasi:

– fase teorica di lezione

– fase pratica di esercitazione, ove presso il centro di calcolo della facoltà vengono utilizzati strumenti CAD

– fase di lavoro di gruppo, ove gli studenti, suddivisi in gruppi omogenei, dovranno sviluppare progetto

Il processo di progettazione

– Definizione di progettazione - Progettazione in ambito ingegneristico - Modelli del processo di progettazione - Ruolo del disegno tecnico industriale nella progettazione - Ruolo della modellazione nella comunicazione - Tipi di modelli nel progetto - Modelli del prodotto - Interpretazione delle informazioni del progetto - Modellazione mediante tecniche CAD

Rappresentazione delle curve

– Tipi di rappresentazione delle curve - Curve parametriche - Curve polinomiali cubiche - Curve di Bezier - Curve Spline - Curve Bspline - Polinomi razionali: le NURBS

Sistemi di coordinate, sistemi di riferimento e trasformazioni

– Sistemi di coordinate: Coordinate Cartesiane, Coordinate Cilindriche, Coordinate Sferiche o Polari, Coordinate Omogenee

– Sistemi di riferimento: locale, globale, dell'osservatore, di vista

– Trasformazioni: Traslazioni, Rotazioni, Trasformazioni di scala, Simmetria e Riflessione

Rappresentazione delle superfici

– Tipi di rappresentazione delle superfici: Porzione di Superfici (Surface patch), Superfici Rigate, Superfici Bilineari (Coons patch), Superfici Bicubiche (Bicubic patch), Superfici di Bèzier, Superfici spline/NURBS, Superfici Cilindriche, Superfici di Rivoluzione

Il lofting
– Procedura tradizionale - Lofting conico

Modellazione geometrica tridimensionale
– Approccio Wire Frame - Approccio CSG e B-rep - Confronto CSG vs. B-rep - Modellazione ad Elementi Finiti (FEM) - Griglie computazionali

La geometria associativa
– Il disegno parametrico ed il disegno variazionale: concetti ed esempi - Caratteristiche di forma (Design by Features)

Il disegno
– Nella progettazione - Nella produzione - Tipi di disegni - Prototipazione virtuale e simulazione

Tecniche di visualizzazione
– Concetti fondamentali del rendering - Tipi di illuminazione - Modelli di riflessione - Algoritmi di Shading - Ray tracing - Radiosity - Metodi di controllo dell'animazione

Esercitazioni
– Utilizzo di programmi CAD presso il Centro di Calcolo della Facoltà
– Svolgimento di un progetto di gruppo

Software cad consigliato
– Microstation v5 o v95
– Solid Edge

Libri di testo

Dispense del corso.
AA.VV., *Disegno Tecnico Industriale*, Consorzio Net.T.Un.O., Pitagora, 1996.
Manuale UNI MI.

Libri per esercitazione

A. YARWOOD, *An Introduction to Microstation 95*, Longman (Consigliato).
T. SYNNOTT, R. MCELLIGOTT, *Microstation 95 exercise book*, Onword press.
HAQUE, HENDRICK, WILLIAMS, *Adventure in microstation 3D*, Onword press.
N.A. OLSON, *Microstation 95*, Mc Graw-Hill.

Libri per approfondimento

C. MCMAHON, J. BROWNE, *CADCAM: from principles to practice*, Addison-Wesley.
M.E. MORTENSON, *Modelli geometrici in computer graphics*, Mc Graw-Hill.

Esame

L'esame è diviso in due fasi distinte:

1. presentazione di un progetto di gruppo (viene fatta in una unica giornata per tutti i gruppi). La presentazione deve essere fatta con ausilio di programmi informatici tipo "MS Office"

2. esame individuale che consiste in una fase orale più verifica delle tavole di disegno svolte ad esercitazione (si richiede di portare la stampa delle tavole o il dischetto dei file).

Propedeucità consigliate
- Disegno Tecnico Industriale
- Scienza delle Costruzioni

Tesi di laurea
Si propongono tesi su numerosi argomenti quali:
- CAD
- Realtà Virtuale
- Metodi di ottimizzazione con utilizzo di algoritmi genetici, logica fuzzy, automi cellulari
- Tesi di argomento aeronautico

DISEGNO DI MACCHINE L **BO, cds: M**
Docente: **Gianni Caligiana** prof. straord.

Il Corso si propone di integrare le conoscenze di base acquisite nel corso di Disegno Tecnico Industriale e di perfezionarle mediante l'analisi dettagliata di complessivi e componenti tratti dal mondo industriale. Verranno impiegate sia le tecniche tradizionali (con particolare attenzione all'esecuzione del corretto schizzo a mano libera) sia le tecniche di rappresentazione 2D e modellazione 3D più moderne.

Il corso si compone di varie fasi:
- fase teorica di lezione;
- fase di lavoro collegiale, ove gli studenti, suddivisi in gruppi omogenei, devono (con l'aiuto di schizzi a mano libera) ideare le forme e sviluppare le soluzioni funzionali più adatte, relative ad applicazioni di tipo industriale, concordate con il docente;
- fase pratica di modellazione 3D ed assemblaggio dei componenti relativi ai complessivi definiti al punto precedente (con utilizzo degli strumenti CAD);
- fase pratica di realizzazione dei corrispondenti disegni di lavorazione (a mano libera e/o mediante CAD).

La prima parte del corso viene dedicata a curare i seguenti aspetti del disegno di macchine:
- approfondimento dei criteri di corretta rappresentazione e dimensionamento degli organi di collegamento, guida e trasmissione del moto, lubrificazione e tenuta;
- riesame accurato ed integrazione, sulla base di applicazioni pratiche nel settore industriale, dei concetti che stanno alla base della corretta quotatura, della scelta delle tolleranze dimensionali e geometriche e dell'adozione del grado di finitura superficiale idoneo (rugosità);
- studio del corretto utilizzo delle varie tipologie dei disegni nella progettazione, nella produzione, ecc.;
- studio del sistema di classificazione e designazione dei materiali convenzionali e non, con cenno ai criteri per la scelta di quelli da utilizzare per i vari componenti;
- esame critico di tipici disegni d'assieme tratti dal settore industriale (meccanico, aerospaziale, ecc.).

Nella seconda parte del corso verranno introdotti argomenti direttamente connessi con le fasi pratiche e con le esercitazioni:
- il processo di progettazione; ruolo del disegno tecnico e del CAD, gestione del progetto, progettazione simultanea;

- l'architettura di un sistema CAD; i vantaggi e i limiti di un sistema CAD;
- cenni ai sistemi di analisi e produzione correlati (FEM, CAM, ecc.), di prototipazione virtuale e di simulazione;
- principi di modellazione geometrica delle curve (forma algebrica e geometrica, curva parametrica cubica, curva di Bezier, spline e B-spline, NURBS);
- sistemi di coordinate (cartesiane, cilindriche, omogenee), sistemi di riferimento e trasformazioni (traslazioni, rotazioni, trasformazioni di scala, simmetria, riflessione, ecc.);
- principi di modellazione geometrica delle superfici (forma algebrica e geometrica);
- modellazione geometrica tridimensionale; approccio Wire Frame, approccio CSG e B-rep; confronto CSG e B-rep;
- il disegno parametrico ed il disegno variazionale (concetti ed esempi);
- cenni alle tecniche di visualizzazione.

(Un programma più dettagliato ed il regolamento dell'insegnamento e dell'esame vengono forniti a lezione).

SOFTWARE CAD CONSIGLIATO
- Solid Edge.

SUPPORTI INFORMATICI PER ESERCITAZIONI
- tutorial di Solid Edge ed esempi reperibili nell'opportuno comparto del menu aiuti (help) del programma o in rete (sito http://www.solid-edge.com).
- CAD In Site for Solid Edge, Distance Engineering, Inc. (CD-Rom di esempi).

Libri di testo

Manuale UNI M1 o equivalenti manuali per Disegnatori.
G. R. BERTOLINE, E. N. WIEBE, "Fondamenti di comunicazione grafica", McGraw-Hill.
C. MCMAHON, J. BROWNE, "CADCAM: from principles to practice", Addison-Wesley.
M. E. MORTENSON, " Modelli geometrici in computer graphics", McGraw-Hill.

Svolgimento esame
L'esame è diviso in due fasi distinte:
- presentazione di un progetto di gruppo;
- esame individuale consistente in una fase orale più verifica delle tavole di disegno svolte durante le esercitazioni.

Propedeuticità consigliate: Disegno Tecnico Industriale

DISEGNO L **BO, cds: C**
Docente: **Ottorino Marinoni** ric.

Obiettivi
Indirizzare l'allievo all'impiego dei metodi e dei procedimenti di rappresentazione di oggetti propri dell'Ingegneria Civile, in conformità alle esigenze di disegno tecnico, tramite la conoscenza del linguaggio grafico convenzionale basato su:
Convenzioni e simbologie grafiche.
Regole della geometria proiettiva,

Acquisizione delle capacità di controllo grafico del progetto, tramite l'esecuzione di disegni, con tecniche manuali (matita e china su carta bianca e lucida) ovvero CAD, con stampa su carta (escluse le prove in itinere o d'esame).

Programma
Il ciclo di lezioni teoriche, alternato alle attività pratiche, svolgerà gli argomenti:
Disegno di strutture edilizie e di particolari costruttivi.
Norme ed unificazioni. Strumenti. Tecniche di riproduzione.
Convenzioni grafiche. Scale di rappresentazione. Quote.
Geometria proiettiva
Proiezioni ortogonali. Doppia proiezione di Monge. Proiezioni multiple.
Gli enti geometrici fondamentali. Condizioni di appartenenza, parallelismo, ortogonalità.
Solidi a facce piane. Sezioni piane. Intersezioni solide.
Solidi di rotazione. Cono, cilindro, sfera. Innesti e raccordi.
Ombre tecniche.
Proiezioni quotate. Planimetria, profilo.
Proiezioni assonometriche. Ombre in assonometria.
Proiezioni prospettiche. Ombre in prospettiva.

Esercitazioni
Esecuzione di disegni in formato A3, con strumentazione a piacere. Rappresentazione di elementi e solidi geometrici semplici, con vari metodi di proiezione (tavole "teoriche"). Rappresentazione di costruzioni complesse e di particolari costruttivi, alle scale utilizzate nella pratica professionale (progetto di massima, definito, esecutivo, dettaglio). Il completamento delle tavole è condizione per l'accesso all'esame.

Valutazioni ed esami.
Sono previste 3 prove grafiche in itinere. Il punteggio (in decimi) assegnato a ogni prova contribuirà alla formazione della media complessiva. L'esame finale si articola in una prova grafica e una orale.

Testi base (a cui si fa riferimento nel corso delle lezioni):

R. Balletti, V. Valeriani, *Disegno tecnico*, Bologna, Pitagora, 1989.
M. Docci, D. Maestri, *Scienza del disegno*, Padova, UTET, 2000.
AA.VV., *Manuale dell'architetto*, Roma, CNR, 1962.

Testi di approfondimento:

U. Saccardi, *Applicazioni di geometria descrittiva*, Firenze, LEF, 1977.
M. Docci, R. Migliari, *Scienza della rappresentazione*, Bari, NIS, 1992.

DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE L

Docenti: **Gianni Caligiana** prof. straord. **BO, cds: M (A-L)**

Finalità del corso

Il corso ha lo scopo di fornire le basi necessarie per l'interpretazione e l'esecuzione del dise-

gno tecnico. Dopo una prima parte dedicata al *disegno geometrico*, vengono esaminate le principali *norme* da impiegare per la corretta rappresentazione di particolari e disegni d'assieme (complessivi). Viene dato particolare rilievo alla *funzione* svolta da ciascun particolare nel complessivo ed all'influenza del *sistema produttivo* per una corretta scelta delle forme ed un'accurata indicazione delle informazioni aggiuntive da includere (dimensioni, errori dimensionali e geometrici ritenuti accettabili, ecc.). Sono previste delle *esercitazioni* pratiche in cui vengono spiegate ed assegnate alcune tavole relative a *componenti meccanici* o a *schemi di impianti* che lo studente esegue durante il corso o, comunque, presenta al Docente all'atto della prova d'esame. Su base volontaria, gli studenti che ne facciano richiesta possono svolgere, utilizzando un *programma di disegno assistito dal calcolatore* di propria scelta, alcune tavole personalizzate assegnate singolarmente.

Programma

Strumenti convenzionali per il disegno. Linee e scritturazioni unificate. Scelta formati e scale.

Strumenti non convenzionali per il disegno. Architettura di un sistema CAD. Descrizione dell'harware e delle principali periferiche (tastiera, mouse, tavolette digitalizzatrici, scanner; dispositivi di visualizzazione vettoriali e raster-scan, dispositivi hard-copy, ecc.). Funzioni assolte dal software. Vantaggi e limiti di un sistema CAD.

Costruzioni geometriche fondamentali.

Il metodo delle *proiezioni ortogonali.*

Vera forma di superfici piane. *Intersezioni e sezioni* piane.

Compenetrazione di solidi.

Sviluppo delle superfici.

Proiezioni assonometriche oblique ed ortogonali.

Norme e convenzioni nel disegno tecnico. Viste e sezioni. Criteri generali di *quotatura.* Numeri di Renard. Disegni di insieme (complessivi) e disegni di particoalre. Quotatura *funzionale.* Influenza dei *metodi di produzione* sul disegno e la quotatura dei pezzi. Quotatura di *fabbricazione e controllo.* Catene di *quote tollerate.*

Tolleranze dimensionali. Trasferimento di quote (dalla quotatura funzionale a quella di fabbricazio-ne). Definizione ed indicazione della rugosità delle superfici. *Tolleranze geometriche.* Principio del *massimo materiale.*

Materiali. Prove di laboratorio: trazione, resilienza, durezza. Designazione e classificazione degli acciai, delle ghise, delle leghe di rame, alluminio, magnesio. Cenno ai materiali non metallici. Criteri per la scelta dei materiali.

Collegamenti. Filettature. Collegamenti albero-mozzo (linguette, chiavette, profili scanalati, anelli elastici, ecc.). Chiodature, rivettature, saldature, collegamenti mediante incollaggio.

Articolazioni. Guide al moto *rettilineo.* Guide al moto rotatorio (cuscinetti radenti e volventi). Sistemi di *lubrificazione.* Organi di *tenuta* (statica e dinamica).

Trasmissioni meccaniche. Alberi, giunti, innesti, cinghie e pulegge, catene a rulli, cinghie dentate, ruote di frizione, ruote dentate, coppie vite-madrevite, camme, biella-manovella,.

Esame

L'esame consta di una prova scritta e di una orale.

La prova scritta si articola in due fasi:

– una prova scritta con domande di teoria

– una prova grafica (analoga ad una delle tavole assegnate durante le esercitazioni).

La prova orale è basata sul programma svolto a lezione durante il corso e sulla discussione degli elaborati grafici.

Testi consigliati

UNI M1, *Norme per il disegno tecnico*, vol. 1,2, pubblicato a cura dell'Ente Nazionale Italiano di Unificazione. piazza Armando Diaz 2, 20123 Milano.
MANFÈ, POZZA, SCARATO, *Disegno meccanico*, vol. 1, 2, 3, ed. Principato, Milano.
CONTI, *Disegno tecnologico*, vol. 1, 2, ed. Pitagora, Bologna.
CHIRONE, TORNINCASA, *Disegno Tecnico Industriale*, ed. Il Capitello, Torino.
SOBRERO, *Corso di Disegno*, solo vol. 1, ed. Pitagora, Bologna.
FILIPPI, *Disegno di Macchine*, vol. 1, 2, ed. Hoepli, Milano.
STRANEO, CONSORTI, *Disegno di Costruzioni Meccaniche*, vol. 1, 2, ed. Principato, Milano.

DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE **BO, cds: M (L-Z)**
Docente: **Alfredo Liverani** prof. ass.

1- INTRODUZIONE
SUPPORTI E STRUMENTI TRADIZIONALI PER IL DISEGNO
Carte e unificazione dei formati, riproduzione dei disegni (UNI 936). Piegatura dei fogli (UNI 938). Riquadro delle iscrizioni (UNI 8187). Scale di rappresentazione (UNI 3967). Matite e mine. Righe e squadre. Compassi, curvilinei, mascherine. Riga parallela e tecnigrafo.
LINEE E SCRITTURAZIONI UNIFICATE
L'unificazione relativa ai tipi di linee e loro impiego (UNI 3968), caratteri letterali e numerici (UNI 7559), consigli pratici.

2 - LA RAPPRESENTAZIONE
COSTRUZIONE GEOMETRICHE ELEMENTARI
Bisezione di un segmento, di un arco, di un angolo. Perpendicolare ad un segmento (ad una retta) da un punto assegnato: esterno, appartenente ad esso (centrale o di estremità). Parallela ad una retta assegnata (ad una distanza assegnata, per un punto esterno dato). Operazioni relative ad angoli. Trisezione dell'angolo retto e dell'angolo piatto. Divisione di un segmento in parti uguali. Tangenti ad una circonferenza da un punto esterno od appartenente. Circonferenza di raggio dato tangente ad una retta in un suo punto. Tangenti interne ed esterne a due circonferenze. Circonferenza per tre punti, raccordi di rette e circonferenze con archi di raggio assegnato. Poligoni regolari: triangolo, quadrato, pentagono, esagono e ottagono con lato assegnato o con circonferenza circoscritta. Costruzione di un poligono con un numero di lati qualunque noti il lato o la circonferenza circoscritta. Curve piane (ellisse, parabola, iperbole, ovale, ovolo, evolvente di circonferenza).
IL METODO DELLE PROIEZIONI ORTOGONALI
Rappresentazione mediante proiezione ortogonale su due piani ortogonali di punti, rette, piani. Condizioni di appartenenza di punto e retta, retta e piano, punto e piano. Condizioni di complanarità, incidenza e parallelismo tra rette; di parallelismo tra piani. Il terzo piano di proiezione: determinazione della terza proiezione di punti, rette, piani, curve. Proiezione ortogonale di figure piane e solidi. Criteri relativi alla individuazione ed alla rappresentazione delle linee in vista e non. Determinazione della terza vista di pezzi meccanici note le altre due.
SEZIONI
Scopo delle sezioni: piano ideale di sezione. Sezioni piane di prismi e piramidi. Sezioni dei solidi di rivoluzione (cilindro, cono, sfera, toro). Determinazione delle linee di contorno delle sezioni: metodo delle generatrici e metodo dei piani di sezione ausiliari. Solidi ricavati mediante piani di

sezione (tronco di piramide, di cono, di cilindro obliquo, ecc...).

VERA FORMA DI SUPERFICI PIANE

Generalità. Metodo del ribaltamento. Ribaltamenti di punti, rette, segmenti, figure piane giacenti su piani perpendicolari ai piani di proiezione principali.

COMPENETRAZIONI DI SOLIDI

Generalità. Compenetrazioni di prismi e piramidi. Impieghi particolari dei piani di sezione ausiliari. Determinazione della linea di intersezione relativa alla compenetrazione di solidi di rivoluzione: metodo delle generatrici, metodo dei piani di sezione ausiliari, metodo delle sfere ausiliarie.

SVILUPPI DI SUPERFICI

Generalità. Sviluppi in base al criterio del taglio di lunghezza minima di prismi, piramidi, cilindri, coni retti e non. Sviluppi di solidi ricavati mediante piani di sezione (tronco di piramide, tronco di cono, cilindro obliquo, ecc...). Sviluppi di parti di raccordo tra condotte di sezione differente. Sviluppi approssimati di sfere. Sviluppi di innesti tra cilindri e cilindri, cilindri e coni con assi concorrenti e non, normali e non.

PROIEZIONI ASSONOMETRICHE OBLIQUE ED ORTOGONALI

Fattori di riduzione. Assonometria obliqua unificata (cavaliera; UNI 4819). Prospettiva parallela ortogonale o assonometria ortogonale. Assonometria isometrica unificata (UNI 4819). Rappresentazione in assonometria di superfici piane, prismi, piramidi; rappresentazioni esatte ed approssimate di circonferenze, curve e solidi di rivoluzione. Criteri pratici per la rappresentazione in assonometria di pezzi meccanici.

3 - DISEGNO TECNICO: NORME E QUOTATURA

NORME

Generalità e cenni storici sugli Enti di normazione nazionali ed internazionali (UNIM, UNI, ISA, ISO, CEN, CECA). Metodi di proiezione (UNI 3969). Viste: metodi del primo diedro (E) e del terzo diedro (A), metodo delle frecce, delle viste particolari, delle viste parziali, delle viste locali, dei ribaltamenti (UNI 3970). Sezioni secondo un piano, secondo due o più piani consecutivi, secondo piani paralleli, secondo superfici cilindriche di direttrice assegnata; sezioni parziali e sezioni di parti simmetriche; sezioni ribaltate in luogo o in vicinanza; sezioni successive; parti che non si sezionano (UNI 3971). Tratteggi per la rappresentazione dei materiali nelle sezioni (UNI 3972). Convenzioni particolari di rappresentazione (UNI 3977). Criteri per la rappresentazione di parti raccordate.

QUOTATURA

Criteri generali, linee di quotatura e riferimento, disposizione e lettura delle quote (UNI 3973). Sistemi di quotatura (in serie, in parallelo, a quote sovrapposte, quotatura combinata, in coordinate, in coordinate polari: UNI 3974). Convenzioni particolari di quotatura (solidi di rivoluzione, cerchi, superfici sferiche, quadri, smussi ed arrotondamenti, elementi regolarmente od irregolarmente disposti, ecc...: UNI 3975). Criteri di scelta degli elementi di riferimento e norme generali per una corretta quotatura. Disposizione delle quote in assonometria. Quotatura di pezzi normalizzati (UNI 4820).

TIPI DI DISEGNO

Disegno d'assieme, di gruppo o sottoinsieme, di progetto, di montaggio, di installazione, esploso (UNI 9121). Numeri di posizione (UNI 8411). Distinta dei componenti (UNI ISO 7573). Disegno di prodotto finito (disegno tecnico: UNI 4820). Ricerca delle condizioni funzionali, catene di quote e criteri per la quotatura funzionale. Disegno costruttivo (di fabbricazione o di controllo).

INFLUENZA DEL SISTEMA PRODUTTIVO SU DISEGNO E QUOTATURA

Formatura e fonderia.

Lavorazioni plastiche e lavorazioni delle lamiere (fucinatura, laminazione, stampaggio, estrusio-

ne, trafilatura, tranciatura, punzonatura, ricalcatura, imbutitura, piegatura). Lavorazioni con asportazione di truciolo: tornitura, fresatura, rettifica, trapanatura, alesatura, brocciatura, stozzatura, limatura, piallatura (breve descrizione di macchine e utensili, moti di lavoro e di alimentazione, principali tipi di lavorazioni eseguibili). Gole di scarico (UNI ISO 4755, UNI 5709, UNI 5710, UNI 4386-75). Cenni su unità operatrici, macchine speciali, linee a trasferimento e centri di lavorazione. Quotatura di fabbricazione. Trasferimento da quotatura funzionale a quotatura di fabbricazione o controllo.

4 - MATERIALI

Prove tecnologiche: trazione, durezza, resilienza.
Sistema di classificazione e designazione dei materiali: metodo analogico e metodo sequenziale. Classificazione di acciai, ghise, leghe del rame, leghe dell'alluminio, del magnesio, ecc... Cenno ai trattamenti termici principali. Impiego nei disegni di particolare e d'assieme delle norme dimensionali, qualitative, stato di fornitura. Criteri per la scelta dei materiali ed esempi (Manfè, Pozza, Scarato, Vol III, tavola 5.1, pag. 255).

5 - NUMERI NORMALI, TOLLERANZE, RUGOSITA'

Generalità: serie aritmetiche e serie geometriche, definizione di ragione. Serie di Renard (UNI 2016 e 2017).
Tolleranze dimensionali: introduzione, definizioni, sistema ISO di tolleranze (UNI ISO 286). Indicazione nei disegni delle tolleranze (UNI 3976) e delle tolleranze generali (UNI ISO 2768). Criteri di selezione delle tolleranze. Sistema albero base e foro base. Problemi di accoppiamento e applicazioni. Accoppiamenti raccomandati (UNI 7218-73). Serie di quote tollerate e valutazione della tolleranza della quota risultante. Criteri per la determinazione di alcuni scostamenti e tolleranze in catene di quote funzionali, noti i valori limite della condizione funzionale o criteri per la valutazione della tolleranza della condizione funzionale, note le dimensioni limite delle quote costituenti la catena.
Errori microgeometrici e macrogeometrici (discorso introduttivo).
Rugosità: definizioni, relazione tra il tipo di lavorazione e la rugosità (UNI ISO 4287 Parte 1°, UNI ISO 468, UNI ISO 4288). Indicazione dello stato della superficie (UNI 4600).
Tolleranze geometriche: generalità (UNI ISO 7226/1), riferimenti (UNI ISO 5459), segni grafici (UNI ISO 7083), principi per la loro attribuzione (UNI ISO 8015).
Principio del massimo materiale (UNI ISO 7226/2).

6 - COLLEGAMENTI

Generalità sui tipi di collegamento rigidi ed elastici (per attrito, per ostacolo, per attrito ed ostacolo, per fusione ed incollaggio).
Collegamenti filettati; definizioni (UNI ISO 5408); principali filettature unificate (metrica: UNI 4534, 4535, 4536; per tubazioni a tenuta stagna sul filetto e non: UNI ISO 7, UNI ISO 228; Whitworth: UNI 2708 e 2709); norme per la rappresentazione e quotatura di viti, dadi, bulloni, fori ciechi filettati (UNI 3979); esempi di collegamenti: viti passanti, mordenti e prigioniere, ecc...; tolleranze per accoppiamenti filettati (UNI 5541); bulloneria e classi di resistenza (UNI ISO 4759, UNI 3740). Filettatura incompleta e gole di scarico per filettature interne ed esterne (UNI 5709, UNI 5710, UNI ISO 4755). Fori passanti per viti (UNI ISO 273). Dispositivi contro lo svitamento spontaneo.
Collegamenti mediante chiodatura a caldo (UNI 141).
Collegamenti albero-mozzo mediante elementi conici; conicità ed angoli di cono (UNI 157-75); Quotatura ed indicazione delle tolleranze su elementi conici (UNI 7618); cenni sistemi di tolleranze di conicità (UNI 7826); esempi di applicazione (coni Morse, ecc...).

Collegamenti diretti di forza. Collegamenti mediante anelli di serraggio (calettatori), chiavette trasversali, spine, anelli compensatori.
Collegamenti mediante chiavette (ribassate e non, diritte e arrotondate, concave, con nasello, tangenziali).
Collegamenti mediante linguette (ribassate e non, diritte e arrotondate, a disco). Estremità d'albero cilindriche e coniche (UNI ISO 775).
Collegamenti mediante profili scanalati cilindrici con fianchi paralleli a centraggio interno (UNI 8953) e profili scanalati cilindrici con fianchi ad evolvente (UNI ISO 4156). Rappresentazione completa e semplificata (UNI ISO 6413), tolleranze (UNI 8953 e UNI ISO 4156).
Collegamenti mediante anelli elastici.
Collegamenti mediante chiodature a freddo (UNI 750÷756, UNI 7619, UNI 9063).
Collegamenti mediante saldatura (UNI 11001, UNI 1307, UNI 1310).

7 - ARTICOLAZIONI E GUIDE

Articolazioni e guide: introduzione e prime definizioni.
Articolazioni [attorno ad un asse (a forcella e a sbalzo), attorno ad un punto (articolazioni sferiche)].
Guide del moto rettilineo a strisciamento (guide prismatiche) e metodi per la registrazione del gioco (lardoni).
Guide del moto rettilineo a rotolamento (pattini piani a rullini, guide per slitte a rulli incrociati e a sfere, manicotti a sfere, pattini a rullini Tychoway-Rotax, sopporti a rulli Roundway)
Guide del moto rotatorio: cuscinetti di strisciamento. Criteri di scelta dei materiali. Influenza sul disegno delle condizioni di lavoro e di lubrificazione.
Metodi di lubrificazione delle guide di strisciamento del moto rotatorio (alimentazione discontinua: oliatori con chiusura a sfera, ingrassatori Stauffer ed a testa esagonale; alimentazione continua: ingrassatori a molla, oliatori a goccia e a stoppino). Sistemi chiusi (lubrificazione a sbattimento, ad anello, a circolazione forzata).
Guide del moto rotatorio a rotolamento: cuscinetti volventi. Generalità, nomenclatura dei tipi unificati e loro designazione. Criteri di scelta del tipo di cuscinetto, delle tolleranze di accoppiamento (dimensionali) con le sedi. Criteri per la valutazione delle tolleranze geometriche e delle rugosità. Problemi di montaggio. Montaggio di cuscinetti a sfere e a rulli, montaggio di cuscinetti obliqui a sfere e a rulli conici, montaggio di cuscinetti assiali a semplice effetto e a doppio effetto. Criteri per la lubrificazione e la protezione dei cuscinetti volventi e loro influenza sul disegno.

8 - ORGANI DI TENUTA

Tenute statiche: a tenuta diretta (ogivale, a coltello e conica), mediante elementi riportati (guarnizioni piane, toroidali, sagomate, rivestite, ecc..).
Tenute dinamiche: a tenuta diretta (macchine prova materiali), mediante elementi riportati a contatto circolare (O ring, H-ring, anelli BK, anelli di tenuta meccanica Angus, ecc..), mediante elementi riportati a contatto piano-frontale (V ring, ecc..) e senza contatto (lamierini a Z, ecc..).
Tenute a labbro per movimenti alternativi.

9 - TRASMISSIONI MECCANICHE

Giunti rigidi (a manicotto, a gusci, Sellers, a dischi, a flange).
Giunti elastici (giunto a perni rivestiti in gomma, giunto Pomini, giunto a tasselli o blocchi elastici, giunto Periflex, giunto Giubo, giunto Falk o Citroen).
Giunti mobili [movimenti relativi consentiti: assiali (giunti di dilatazione, giunti a denti), angolari (giunti cardanici), radiali (giunti di Oldham), in rotazione (giunti di sicurezza), assiali ed angolari (giunti flessibili)].

Innesti non automatici (a denti, a frizione monodisco o a dischi multipli, elettromagnetici).
Innesti automatici (centrifughi, di sopravanzo).
Trasmissioni mediante cinghie e pulegge (definizioni, unificazione, criteri di disegno e di progettazione per cinghie piatte e trapezoidali, esempi di applicazione).
Trasmissioni mediante catene e cinghie dentate (definizioni, unificazione, criteri di progettazione, esempi di applicazione).
Trasmissione per mezzo di ruote di frizione.
Trasmissioni per mezzo di ruote dentate (definizioni, rappresentazione convenzionale, unificazione ed esempi di applicazione).
Filettature metriche trapezoidali (UNI ISO 2901 e 2904). Trasmissioni mediante coppia vite-madrevite, camme, biella-manovella (definizioni, unificazione, rappresentazione, esempi di applicazione).

Il materiale didattico e le date delle verifiche finali saranno disponibili in rete al sito: http://diem1.ing.unibo.it/personale/liverani/teaching.htm.
Gli esercizi saranno svolti in aula con l'assistenza del docente (nelle ore di esercitazione) e dei suoi collaboratori o realizzati autonomamente con attrezzature proprie.
Tutte le tavole dovranno tassativamente essere consegnate al termine del corso, pena l'esclusione dall'esame.

Libri di testo

Disegno Meccanico, MANFÈ, POZZA, SCARATO, Principato Editore, 3 volumi.
Disegno Tecnico Industriale, Chirone, Tornincasa, Edizioni Il Capitello.
Disegno, Progettazione e Organizzazione Industriale, STRANEO, CONSORTI, Principato Editore.
Lucidi vari delle lezioni disponibili presso il sito http://diem1.ing.unibo.it/personale/liverani/teaching.htm

ESAME FINALE
La prova si svolgerà in tre fasi:
1. esecuzione di una tavole di particolare estratto da un complessivo (il disegno finale dovrà essere completo di quotature, rugosità e tolleranze);
2. risposta ad alcune domande di teoria (quiz);
3. breve colloquio orale.
Le prime due prove nella data dello "scritto" e l'ultima in quella dell'"orale".
Viene ammesso all'orale chi supera la sufficienza nella media ponderata delle prime due prove.

Testi consigliati

UNI MI, "Norme per il Disegno tecnico", Vol. 1 (*), 2 (*), Pubblicato a cura dell'Ente Nazionale Italiano di Unificazione. Piazza Armando Diaz 2, 20123 Milano (tel. 02-876914).
MANFE', POZZA, SCARATO, "Disegno Meccanico", Vol. 1 (*), 2 (*), 3 (*), Ed. Principato, Milano.
CHIRONE, TORNINCASA, "Disegno Tecnico Industriale", Vol. 1 (*), 2 (*), Ed. Capitello, Torino.
STRANEO, CONSORTI, "Disegno di Costruzioni Meccaniche, Vol. 1, 2, Ed. Principato, Milano.
SOBRERO, "Corso di Disegno", esclusivamente Vol. 1, Ed. Pitagora, Bologna.
CONTI, "Disegno Tecnologico", esclusivamente Vol. 1 (*) e 2 (*), Ed. Pitagora, Bologna.
FILIPPI, "Disegno di Macchine", Vol. 1, 2, Ed. Hoepli, Milano.
BIGGIOGGERO, GIANNATTASIO, "Disegno Industriale", CLUP, Milano.
BIGGIOGGERO, ROVIDA, "Disegno di Macchine", CLUP, Milano.
I volumi contrassegnati con (*) sono considerati particolarmente utili.

ECOLOGIA APPLICATA L **RA, cds: TR**

Docente: **Marco Abbiati** prof. straord.

Obiettivi formativi

Introdurre gli elementi di base di ecologia ed analizzare le problematiche dell'ecosistema urbano relative alla qualità dell'ambiente ed allo sviluppo sostenibile.

Contenuti disciplinari

I sistemi ecologici e le relazioni fra organismi ed ambiente. Analisi delle principali alterazioni ambientali indotte delle attività dell'uomo. L'ecosistema urbano, descrizioni delle principali caratteristiche della sua flora e fauna. L'inquinamento urbano e la valutazione della qualità ambientale. Impatto dell'urbanizzazione sull'ambiente. Lo smaltimento dei rifiuti. La depurazione delle acque. Definizione di impronta ecologica. Discussione di alcuni casi di studio relativi agli ambienti antropizzati ed analisi di alcuni strumenti di indagine.

Testi consigliati

BULLINI L, PIGNATTI S, VIRZO DE SANTO A, *Ecologia generale*, 1998 - UTET.
PROVINI A., GALASSI S., MARCHETTI R., *Ecologia applicata*, 1998 - Città Studi Edizioni, Torino.
VISMARA R., *Ecologia Applicata*, 1992 HOEPLI.

ECONOMIA L **BO, cds: C**

Docente: **Alessandro Romagnoli** prof. ass.

Obiettivi. Il modulo si propone di presentare agli studenti alcuni concetti base dell'Economia politica e la modellistica relativa soprattutto alla determinazione dei prezzi di mercato e all'impresa.

Programma

Scopi, metodi e concetti base dell'economia
Il mercato come luogo di determinazione dei prezzi
Statica comparata
L'impresa
Il mercato come ambiente operativo dell'impresa
Strutture di mercato
La concorrenza imperfetta
Dall'analisi teorica alla pratica

Bibliografia

LIPSEY R. G., CHRYSTAL K.A. (1999): *Economia. Microeconomia*, Zanichelli, Bologna, capp. 1, 2, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15.
I non frequentanti devono aggiungere ai precedenti i capp. 3, 6, 16, 17.

ECONOMIA DELL'ICT LA **BO, cds: G, P, L, I, T**
Docente: **Alessandro Romagnoli** prof. ass

Obiettivo del modulo: L'obiettivo del modulo è di introdurre alla conoscenza dei problemi economici che accompagnano lo sviluppo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, nell'ambito delle attuali tendenze dell'economia globale.

Programma
Dalla società pre-industriale alla società post-industriale
La società dell'informazione e della comunicazione
Tendenze dell'industria elettronica
Tendenze del settore delle telecomunicazioni
L'industria della comunicazione informativa e culturale: l'editoria
L'industria della comunicazione per affari: la pubblicità
L'industria della comunicazione per intrattenimento: la televisione
L'industria della comunicazione: problemi economici
Il digital divide

Bibliografia

SHAPIRO C., VARIAN H. R. (1999): *Information rules. Le regole dell'economia dell'informazione*, Etas, Milano.
GAMBARO M., RICCIARDI C. A. (2002): *Economia dell'informazione e della comunicazione*, Laterza, Roma.

ECONOMIA DEI MERCATI E ANALISI DEGLI INDICI ECONOMICI LA **BO, cds: G, P, T, L, I**
Docente: **Alessandro Romagnoli** prof. ass

Obiettivo del modulo: L'obiettivo del modulo è di introdurre alla conoscenza degli attuali contesti tecnico-economici internazionali, che costituiscono l'ambiente in cui va sviluppandosi la nuova cultura d'impresa. L'attenzione verrà quindi posta sui processi di globalizzazione della produzione e sulla struttura operativa delle imprese transnazionali.

Programma
I caratteri generali del mercato
Mercati reali e finanziari nella recente evoluzione del sistema economico
La globalizzazione dei mercati e delle economie
Concetti economici e problemi economici
Indicatori e indici economici
Il settore pubblico dell'economia
Osservatorio dell'economia italiana
Il mercato valutario
Il mercato azionario

Bibliografia

AA.VV., (2000): *Come si legge il Sole 24 ore*, Editrice Il Sole 24 ore, Milano.

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE LA

Docenti: **Alessandro Grandi** prof. straord. — **BO, cds: G (A-K), P (A-K)**
Maria Rita Tagliaventi prof. ass. — **BO, cds: G (L-Z), P (L-Z)**

Obiettivo del corso

Fornire le conoscenze di base per la comprensione delle caratteristiche e del funzionamento del sistema aziendale. Presentare i principali strumenti di rappresentazione e di analisi economica dei risultati aziendali. Fornire gli strumenti di base per l'analisi economica di alcune delle principali decisioni aziendali.

Struttura e contenuti del corso

A) Il quadro di riferimento

a. L'economia aziendale nelle discipline economiche.
b. Il ruolo delle informazioni per le decisioni e la gestione delle imprese.
c. Introduzione al problema del controllo delle prestazioni e dei risultati economici delle imprese.

B) Il Bilancio come strumento di analisi per la gestione aziendale

a. Il problema della rilevazione e misurazione degli aspetti economici della gestione aziendale: ruolo e struttura del bilancio d'esercizio.
b. Lo stato patrimoniale: analisi della relazione fra struttura e voci dello stato patrimoniale. Gli effetti delle decisioni di gestione sullo stato patrimoniale.
c. Le transazioni economiche, la loro rilevazione e l'impatto sullo stato patrimoniale.
d. Introduzione alle regole di funzionamento dei sistemi contabili.
e. Misurazione e rappresentazione dei costi e dei ricavi: il conto economico e la sua struttura.
f. Funzioni e caratteristiche del bilancio civilistico e introduzione a strutture alternative.

C) Analisi dei costi per le decisioni.

a. La natura della contabilità direzionale: i diversi tipi di informazioni della contabilità direzionale a supporto delle decisioni di gestione.
b. La relazione fra costi e decisioni: tipologie e configurazioni di costo e classi di decisioni di gestione.
c. Le relazioni tra costi e volumi di attività: costi variabili e fissi, l'analisi del punto di pareggio e il concetto di leva operativa.
d. Costi diretti e indiretti e problemi di allocazione. Sistemi di determinazione dei costi di prodotto.
e. L'Activity Based Costing: la determinazione dei costi in base alle attività.

D) Decisioni a breve termine tra diverse alternative.

a. Il concetto di differenziale: costi e ricavi differenziali
b. Configurazioni di costo per diversi problemi decisionali
c. I problemi tipici di scelta fra più alternative: solo costi, costi e ricavi differenziali
d. Problemi di scelta fra alternative: le fasi dell'analisi
e. La stima dei costi futuri e dei costi sommersi
f. Analisi di sensibilità e alberi delle decisioni

E) Decisioni di lungo termine: le fasi del processo di scelta degli investimenti.

a. Il concetto di investimento e le diverse tipologie di investimenti
b. Capitalizzazione e attualizzazione: elementi di matematica finanziaria.
c. La determinazione del valore generato da un investimento: il metodo del valore attuale netto.
d. Le fasi del processo di scelta degli investimenti.
e. Gli elementi necessari a valutare economicamente un progetto di investimento: il rendi-

mento richiesto, la vita economica del progetto, i flussi di cassa rilevanti.
f. Problemi di determinazione dei flussi di cassa.
g. Altri metodi di valutazione degli investimenti: il tasso interno di rendimento, il tempo di recupero, il rendimento medio contabile.
h. La valutazione degli investimenti nella prassi aziendale.

Testi consigliati

R.N. ANTHONY, D.M. MACRÌ, L.K. PEARLMAN, *Il Bilancio. Strumento di analisi per la gestione* (2° edizione), McGraw-Hill, Milano 2000. (escluso cap. 9 e 10 e Appendice C).
R.N. ANTHONY, D.F. HAWKINS, D.M. MACRÌ, K.A. MERCHANT, *Sistemi di controllo di gestione: analisi economiche per le decisioni aziendali*, McGraw-Hill, Milano 2001. (capp. 1, 2, 3, 4, 12, 13, 14).
Una selezione di articoli e altro materiale didattico sarà indicato e/o reso disponibile a cura del docente durante lo svolgimento del corso.

Modalità d'esame

L'esame finale prevede una prova scritta le cui date saranno fissate in base al calendario della Facoltà e comunicate mediante il servizio Uniwex (https://uniwex.unibo.it/) e l'affissione in bacheca presso il CIEG (Via Saragozza, 8). L'iscrizione alla prova d'esame avviene esclusivamente attraverso il servizio Uniwex.

Il voto finale del corso integrato di Economia e Organizzazione Aziendale L-A + Economia e Organizzazione Aziendale L-B è pari alla media fra i voti riportati nella prova scritta di Economia e Organizzazione Aziendale L-A e nella prova scritta di Economia e Organizzazione Aziendale L-B. Le due prove (di Economia e Organizzazione Aziendale L-A e di Economia e Organizzazione Aziendale L-B) possono essere sostenute indipendentemente in appelli diversi purché all'interno di due sessioni consecutive, con l'avvertenza che, se la seconda prova non sarà superata entro la sessione successiva a quella nella quale la prima prova è stata superata, il voto riportato nella prima prova sarà annullato.

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE LB

Docenti: **Alessandro Grandi** prof. Straord. — **BO, cds: G (A-K), P (A-K)**
Maria Rita Tagliaventi prof. Ass. — **BO, cds: G (L-Z), P (L-Z)**

Obiettivo del corso

Fornire le conoscenze di base per la comprensione delle organizzazioni e del comportamento organizzativo, dei criteri di progettazione organizzativa, dei principali tipi di strutture e della gestione dei processi organizzativi.

Struttura e contenuti del corso

Parte I – Organizzazione e management
F) Organizzazione e teoria organizzativa
a. Che cos'è un'organizzazione?
b. Le organizzazioni come sistemi
c. Le dimensioni della progettazione organizzativa
d. L'evoluzione e il ruolo della teoria e della progettazione organizzativa

Parte II – Obiettivi strategici e progettazione organizzativa

G) Strategia e progettazione organizzativa

a. La direzione strategica del top management
b. Gli obiettivi
c. Strategie organizzative e progettazione organizzativa

H) Gli elementi della struttura organizzativa

a. Struttura organizzativa
b. Collegamenti verticali e orizzontali
c. Criteri per il raggruppamento per unità organizzative
d. Strutture funzionali, divisionali, per area geografica, a matrice, orizzontale, ibrida

Parte III – I sistemi aperti

I) L'ambiente esterno

a. Ambiente di riferimento, ambiente generale e contesto internazionale
b. L'incertezza ambientale: semplicità/complessità e stabilità/instabilità
c. Dipendenza e controllo delle risorse ambientali

J) Le relazioni interorganizzative

a. I network di imprese
b. Ecologia delle popolazioni
c. Istituzionalismo

K) Tecnologie per la produzione e per i servizi

a. Tecnologia manifatturiera a livello organizzativo
b. Tecnologia per i servizi a livello organizzativo
c. Tecnologia a livello di unità
d. Interdipendenza del flusso di lavoro tra le unità
e. Impatto della tecnologia sulla progettazione della mansione

Parte IV – Gestione dei processi organizzativi

L) Dimensioni organizzative, ciclo di vita e controllo

a. I fattori di crescita
b. Gli stadi dello sviluppo del ciclo di vita organizzativo
c. Caratteristiche organizzative e ciclo di vita
d. Dimensione e controllo strutturale

M) Cultura organizzativa

a. Cultura organizzativa
b. Cultura organizzativa e progettazione organizzativa
c. Valori etici nelle organizzazioni
d. Fonti di valori etici nelle organizzazioni
e. Leadership e formazione di cultura ed etica

N) Processi decisionali

a. Decisione individuale
b. I processi decisionali organizzativi
c. La learning organization
d. Un modello contingente per il processo decisionale

O) Conflitto, potere e politica

a. Il conflitto all'interno delle organizzazioni
b. Potere individuale e potere organizzativo
c. Potere e autorità
d. Fonti verticali di potere

e. Fonti orizzontali di potere
f. I processi politici nelle organizzazioni
g. L'uso del potere, della politica e della collaborazione

Testi consigliati

R.L. DAFT, *Organizzazione aziendale*, Apogeo, Milano 2001 (esclusi capp. 7, 10 e 13). Una selezione di articoli e altro materiale didattico sarà indicato e/o reso disponibile a cura del docente durante lo svolgimento del corso.

Modalità d'esame

L'esame finale prevede unicamente una prova scritta, le cui date saranno fissate in base al calendario della Facoltà e comunicate mediante il servizio UNIWEX (https://uniwex.unibo.it/uniwex/index.do) e affissione in bacheca presso il CIEG (Via Saragozza, 8). L'iscrizione alla prova d'esame avviene esclusivamente attraverso il servizio UNIWEX.

Il voto finale del corso integrato di Economia e Organizzazione Aziendale L-A + Economia e Organizzazione Aziendale L-B è pari alla media fra i voti riportati nella prova scritta di Economia e Organizzazione Aziendale L-A e nella prova scritta di Economia e Organizzazione Aziendale L-B. Le due prove (di Economia e Organizzazione Aziendale L-A e di Economia e Organizzazione Aziendale L-B) possono essere sostenute indipendentemente in appelli diversi purché all'interno di due sessioni consecutive, con l'avvertenza che, se la seconda prova non sarà superata entro la sessione successiva a quella nella quale la prima prova è stata superata, il voto riportato nella prima prova sarà annullato.

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE L — BO, cds: M

Docente: **Raffaele Oriani** prof. inc.

Obiettivo del corso

Fornire le conoscenze di base per la comprensione delle caratteristiche e del funzionamento del sistema aziendale. Presentare i principali strumenti di rappresentazione e di analisi economica dei risultati aziendali. Fornire gli strumenti di base per l'analisi economica di alcune delle principali decisioni aziendali.

Struttura e contenuti del corso

A) Il sistema aziendale e l'ambiente competitivo

a. Imprese e organizzazioni come sistemi aperti.
b. Un modello di riferimento per l'analisi della competitività delle imprese.
c. Il ruolo delle informazioni per le decisioni e la gestione delle imprese.
d. Introduzione al problema del controllo delle prestazioni e dei risultati economici delle imprese.

B) Il Bilancio come strumento di analisi per la gestione aziendale

a. I concetti fondamentali e lo Stato Patrimoniale
b. I sistemi contabili e le modalità di contabilizzazione
c. I ricavi e le attività monetarie
d. Il conto economico e la misurazione dei costi di competenza
e. Le attività a lungo termine e l'ammortamento
f. Le passività e il capitale netto

g. L'analisi finanziaria e i principali indici di bilancio
h. Il bilancio civilistico

C) Analisi dei costi per le decisioni.

a. La natura della contabilità direzionale: i diversi tipi di informazioni della contabilità direzionale a supporto delle decisioni di gestione.
b. La relazione fra costi e decisioni: tipologie e configurazioni di costo e classi di decisioni di gestione.
c. Le relazioni tra costi e volumi di attività: costi variabili e fissi, l'analisi del punto di pareggio e il concetto di leva operativa.
d. Costi diretti e indiretti e problemi di allocazione. Sistemi di determinazione dei costi di prodotto.
e. L'Activity Based Costing: la determinazione dei costi in base alle attività.

D) Decisioni a breve termine tra diverse alternative.

a. Il concetto di differenziale: costi e ricavi differenziali
b. Configurazioni di costo per diversi problemi decisionali
c. I problemi tipici di scelta fra più alternative: solo costi, costi e ricavi differenziali
d. Problemi di scelta fra alternative: le fasi dell'analisi
e. La stima dei costi futuri e dei costi sommersi
f. Analisi di sensibilità e alberi delle decisioni

E) Decisioni di lungo termine: le fasi del processo di scelta degli investimenti.

a. Il concetto di investimento e le diverse tipologie di investimenti
b. Capitalizzazione e attualizzazione: elementi di matematica finanziaria.
c. La determinazione del valore generato da un investimento: il metodo del valore attuale netto.
d. Le fasi del processo di scelta degli investimenti.
e. Gli elementi necessari a valutare economicamente un progetto di investimento: il rendimento richiesto, la vita economica del progetto, i flussi di cassa rilevanti.
f. Problemi di determinazione dei flussi di cassa.
g. Altri metodi di valutazione degli investimenti: il tasso interno di rendimento, il tempo di recupero, il rendimento medio contabile.
h. La valutazione degli investimenti nella prassi aziendale.
i. Principali limiti dei metodi di valutazione

Testi consigliati

R.N. ANTHONY, D.M. MACRÌ, L.K. PEARLMAN, *Il Bilancio. Strumento di analisi per la gestione* (2° edizione), McGraw-Hill, Milano 2000. (escluso cap. 10).

R.N. ANTHONY, D.F. HAWKINS, D.M. MACRÌ, K.A. MERCHANT, *Sistemi di controllo di gestione: analisi economiche per le decisioni aziendali*, McGraw-Hill, Milano 2001. (capp. 1, 2, 3, 4, 12, 13, 14).

Articoli ed altro materiale didattico saranno indicati e/o resi disponibili a cura del docente durante il corso.

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE L **BO, cds: Q, R**

Docente: **Mariolina Longo** prof. ass.

Obiettivo e contenuti del corso

Il corso vuole fornire le conoscenze necessarie per comprendere le variabili economico-orga-

nizzative che influenzano la gestione dell'impresa. Dopo aver introdotto le nozioni di base relative al posizionamento competitivo e alla strategia d'impresa e alle principali decisioni inerenti le politiche funzionali, si svilupperanno i principali strumenti economico-finanziari per l'analisi dei fenomeni aziendali e per le decisioni. Saranno successivamente affrontati gli elementi di base per l'analisi dei fenomeni organizzativi e la progettazione delle organizzazioni.

Programma

Il corso si articola in tre parti.

1. – Il sistema aziendale e l'ambiente competitivo.

Introduzione alle discipline economiche. L'impresa e il sistema economico. Settore industriale e analisi della concorrenza. Le strategie competitive di base. Le variabili economiche del sistema produttivo e della gestione dei materiali. La commercializzazione del prodotto e la definizione del marketing mix.

2. – Rappresentazione, analisi e valutazione dei dati economico-finanziari.

Informazione e decisioni aziendali. La rilevazione contabile degli atti di gestione. Il bilancio dell'impresa (stato patrimoniale e conto economico). Modelli di riclassificazione e di analisi dei dati di bilancio per l'interpretazione dei risultati e delle condizioni economiche, finanziarie e patrimoniali dell'impresa.

Analisi dei costi per le decisioni. Tipologie e configurazioni di costo. Analisi delle decisioni di breve termine. Introduzione al budget e al controllo di gestione.

3. – Analisi e valutazione degli investimenti

Aspetti economici e finanziari delle decisioni di lungo termine. Il valore economico del tempo. Attualizzazione e capitalizzazione: nozioni fondamentali di matematica finanziaria. Il costo opportunità del capitale. La determinazione dei flussi di cassa rilevanti. Il concetto di valore di un investimento. Il metodo del valore attuale netto. Metodi di valutazione degli investimenti alternativi al VAN.

4.– L'organizzazione aziendale

L'impresa come sistema di trasformazione. Le relazioni tra impresa e ambiente esterno. La struttura organizzativa e i modelli di riferimento. Il coordinamento organizzativo e le modalità per realizzarlo. Tecnologia e organizzazione.

Testi consigliati

R.N. ANTHONY, D.M. MACRÌ, L.K. PEARLMAN, *Il Bilancio. Strumento di analisi per la gestione (2° edizione)*, McGraw-Hill, Milano 2000. (escluso cap. 10 e appendici A e B).

R.N. ANTHONY, D.F. HAWKINS, D.M. MACRÌ, K.A. MERCHANT, *Sistemi di controllo di gestione: analisi economiche per le decisioni aziendali*, McGraw-Hill, Milano 2001. (capp. 1, 2, 3, 4, 9, 10 dal paragrafo 10.4, 12, 13, 14).

R.L. DAFT, *Organizzazione aziendale*, Apogeo, Milano, 2001. (parti I, II, III).

M. RISPOLI, *L'impresa industriale*, Mulino, Bologna 1989 (capp. 4 e 7).

Modalità d'esame

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale le cui date saranno fissate in base al calendario della Facoltà e comunicate mediante il servizio Webeggs e affissione in bacheca presso il CIEG (Via Saragozza, 8). Lo studente deve sostenere l'orale nell'appello fissato immediata-

mente dopo la data in cui ha superato la prova scritta. Lo studente che non supera la prova orale deve ripetere la prova scritta. Per la prova scritta occorre iscriversi attraverso il servizio Webeggs. Gli studenti che hanno superato la prova scritta sono automaticamente iscritti alla prova orale immediatamente successiva.

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE — BO, cds: M, N

Docente: **Andrea Zanoni** prof. ord.

Obiettivo e contenuti del corso

Il corso vuole fornire le conoscenze necessarie per comprendere le variabili economico-organizzative che influenzano la gestione dell'impresa. Dopo aver introdotto le nozioni di base relative al posizionamento competitivo e alla strategia d'impresa e alle principali decisioni inerenti le politiche funzionali, si svilupperanno i principali strumenti economico-finanziari per l'analisi dei fenomeni aziendali e per le decisioni. Saranno successivamente affrontati gli elementi di base per l'analisi dei fenomeni organizzativi e la progettazione delle organizzazioni.

Programma

Il corso si articola in tre parti.

1. – Il sistema aziendale e l'ambiente competitivo.

Introduzione alle discipline economiche. L'impresa e il sistema economico. Settore industriale e analisi della concorrenza. Le strategie competitive di base. Le variabili economiche del sistema produttivo e della gestione dei materiali. La commercializzazione del prodotto e la definizione del marketing mix.

2. – Rappresentazione, analisi e valutazione dei dati economico-finanziari.

Informazione e decisioni aziendali. La rilevazione contabile degli atti di gestione. Il bilancio dell'impresa (stato patrimoniale e conto economico). Modelli di riclassificazione e di analisi dei dati di bilancio per l'interpretazione dei risultati e delle condizioni economiche, finanziarie e patrimoniali dell'impresa.

Analisi dei costi per le decisioni. Tipologie e configurazioni di costo. Analisi delle decisioni di breve termine. Introduzione al budget e al controllo di gestione.

3. – Analisi e valutazione degli investimenti

Aspetti economici e finanziari delle decisioni di lungo termine. Il valore economico del tempo. Attualizzazione e capitalizzazione: nozioni fondamentali di matematica finanziaria. Il costo opportunità del capitale. La determinazione dei flussi di cassa rilevanti. Il concetto di valore di un investimento. Il metodo del valore attuale netto. Metodi di valutazione degli investimenti alternativi al VAN.

4.– L'organizzazione aziendale

L'impresa come sistema di trasformazione. Le relazioni tra impresa e ambiente esterno. La struttura organizzativa e i modelli di riferimento. Il coordinamento organizzativo e le modalità per realizzarlo. Tecnologia e organizzazione.

Testi consigliati

R.N. Anthony, D.M. Macrì, L.K. Pearlman, *Il Bilancio. Strumento di analisi per la gestione (2° edizione)*, McGraw-Hill, Milano 2000. (escluso cap. 10 e appendici A e B).

R.N. ANTHONY, D.F. HAWKINS, D.M. MACRÌ, K.A. MERCHANT, *Sistemi di controllo di gestione: analisi economiche per le decisioni aziendali*, McGraw-Hill, Milano 2001. (capp. 1, 2, 3, 4, 9, 10 dal paragrafo 10.4, 12, 13, 14).
R.L. DAFT, *Organizzazione aziendale*, Apogeo, Milano, 2001. (parti I, II, III).
M. RISPOLI, *L'impresa industriale*, Mulino, Bologna 1989 (capp. 4 e 7).

Modalità d'esame

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale le cui date saranno fissate in base al calendario della Facoltà e comunicate mediante il servizio Uniwex e affissione in bacheca presso il CIEG (Via Saragozza, 8). Lo studente deve sostenere l'orale nell'appello fissato immediatamente dopo la data in cui ha superato la prova scritta. Lo studente che non supera la prova orale deve ripetere la prova scritta. Per la prova scritta occorre iscriversi attraverso il servizio Uniwex. Gli studenti che hanno superato la prova scritta sono automaticamente iscritti alla prova orale immediatamente successiva.

ELABORAZIONE OTTICA DEI SEGNALI LS — BO, cds: T,L

Docente: **Paolo Bassi** prof. straord.

Scopo del corso:

Introdurre alcuni argomenti relativi a dispositivi o componenti già visti nei corsi precedenti e aprire alcune prospettive su dispositivi di nuova concezione per le telecomunicazioi ed in generale l'elaborazione ottica dei segnali.

Argomenti trattati nel corso:

Propagazione in mezzi anisotropi, Teoria dei modi accoppiati.
Modulatori elettrottici: principi di funzionamento e caratteristiche.
Ottica non lineare: effetti del secondo e del terz'ordine. Applicazioni per l'elaborazione tutto ottica dei segnali e le telecomnicazioni
Strutture periodiche, dispositivi a Cristallo Fotonico. Applicazioni per la realizzazione di dspositivi per telecomunicazioni

Al corso verranno affiancate alcune lezioni ed esercitazioni (software) sulle tecnologie realizzative di componenti ottici integrati e lo studio (simulazione) per la realizzazione di semplici componenti ottici integrati.

Esame: orale

ELEMENTI DELLE MACCHINE L — BO, cds: M

Docente: **Sergio Curioni** prof. ord.

1.– Introduzione: le forze agenti, sistemi rigidi e elastici, la legge di Hooke, le tensioni interne, le caratteristiche di sollecitazione, criteri di sicurezza,

2.– Operazioni sulle forze: composizione e decomposizione delle forze, momenti e coppie.

3.– Le reazioni dei vincoli: diverse specie di vincoli, equilibrio fra carichi e reazione dei vincoli, sistemi di una sola trave, sistemi a più travi.

4.– La geometria delle masse: il baricentro, momenti del secondo ordine, i teoremi di trasposizione.

5.– Tensione e deformazione – carico assiale: la deformazione, il diagramma tensione-deformazione, comportamento elastico, carico pluriassiale, la concentrazione delle tensioni, le tensioni residue.

6.– La torsione: le tensioni e le deformazioni in un albero circolare, gli alberi di trasmissione, la concentrazione delle tensioni, torsione di elementi non circolari, alberi cavi con parete sottile.

7.– La flessione semplice: la deformazione e le tensioni in campo elastico, la concentrazione delle tensioni, carico assiale eccentrico, flessione non simmetrica, flessione in elementi curvi.

8.– Le travi inflesse: il diagramma del taglio e del momento flettente, relazione fra carico e tensioni interne, le tensioni interne.

9.– La trasformazione delle tensioni: il cerchio di Mohr, la tensione tangenziale massima, criteri di snervamento per materiali duttili, tensioni in contenitori a pressione di parete sottile.

10.– Le tensioni principali: caso della trave, l'albero di trasmissione, carichi combinati.

11.– Le deformazioni delle travi: equazione della linea elastica, travi staticamente indeterminate, travi a mensola.

12.– Stabilità delle strutture: formula di Eulero per pilastri con diverse condizioni di vincolo, carico eccentrico.

13.– Metodi energetici: energia di deformazione (tensioni normali, tensioni tangenziali), carico impulsivo, lavoro ed energia.

Bibliografia

F.P. Beer, E.R. Johnston, J.T. De Wolf, *Meccanica dei* solidi, Ed. McGraw-Hill.
J.M. Gere, S.P. Timoshenko, *Mechanics of materials*, Ed. Stanley Thormes.

ELEMENTI DI ARCHITETTURA TECNICA **CE, cds: dud**

Docente: **Barbara Bartoli** prof. inc.

Il Corso intende fornire una articolata intrepretazione del costruito, quella che considera qualunque realizzazione, dal semplice elemento al più complesso corpo di fabbrica, nella stretta interrelazione con le componenti dell'ambiente, quest'ultimo inteso nella sua specificità antropico-naturale.

Per raggiungere tali obiettivi, si procede secondo un percorso metodologicamente articolato su due filoni principali. Il primo, di carattere strettamente legato alle implicazioni costruttive, ma indissolubilmente connesso alle risoluzioni formali e funzionali, é quello che riconosce in qualunque tipologia insediativa una diversa e specifica risposta ad una gerarchia fissa, che dal MATERIALE procede nelle STRUTTURE, da queste negli IMPIANTI SPAZIALI, ed infine si esplicita nella complessità dell'ORGANISMO INDIVIDUATO. Il secondo, più mirato a valutazioni complessive, ma proprio per questo continuamente sottintese, si articola secondo l'interpretazione del costruito in una scalarità che ricomprende, procedendo dal livello territoriale, l'ambito urbano, la componente edilizia e la individualità architettonica.

Nel contempo, nella logica di una impostazione che mira alla formazione di tecnici oggettivamente preparati ad interpretare le attuali normative ed i più recenti Sistemi Qualità e di controllo della stessa, il Corso intende fornire risposte assolutamente cogenti, tramite la formulazione di strumenti capaci di competere con quanto i nuovi aspetti della professione richiedono.

Tutto questo nell'intento di fornire strumenti didattici capaci di formare il professionista del presente, dotandolo di strumenti di controllo e di gestione della propria capacità, ma non tralasciando la fondamentale matrice culturale che realmente può determinare, nelle sfide del lavoro, la differenza vincente.

Bibliografia di base

Per gli aspetti strettamente connessi ai MATERIALI, ai SISTEMI COSTRUTTIVI, agli IMPIANTI SPAZIALI ed agli ORGANISMI INDIVIDUATI:
GIANCARLO CATALDI, *Sistemi statici in architettura*, Teorema Edizioni, Firenze, 1974.

Per le implicazioni sottintese nel rapporto AMBIENTE NATURALE-COSTRUITO ANTROPICO:
BARBARA BARTOLI, *La via faentina e la tipologia ambientale*, Edizioni Moderna-Ra, Ravenna, dicembre 1999.

Per le strumentazioni normative e progettuali in materia di SICUREZZA e QUALITÀ del costruito:
M. C. TORRICELLI, S. MECCA, *Qualità e gestione del progetto nella costruzione*, A Linea editrice, Firenze, 1996.
BARBARA BARTOLI, *Quale sicurezza? Una strumentazione pratica di riferimento: l'insegnamento accademico, l'esperienza professionale, l'approfondimento specifico*, Edizioni Moderna-Ra, Ravenna, novembre 2000.

ELEMENTI DI BIOCHIMICA E MICROBIOLOGIA DEI PROCESSI L **BO, cds: R**
Docente: **Fabio Fava** prof. ass.

Cellule procariote ed eucariote: loro organizzazione e funzione biologica dei loro costituenti principali. Gli enzimi: loro funzione, classificazione e nomenclatura. Il meccanismo delle reazioni enzimatiche, velocità di reazione e i fattori che la controllano. Equazione di Michaelis-Menten. Meccanismi di inibizione enzimatica. Regolazione non covalente e covalente degli enzimi.
Classificazione dei microrganismi e caratteristiche principali dei batteri, lieviti, muffe ed alghe di interesse industriale ed ambientale.

Il metabolismo microbico: vie anaboliche e cataboliche. Energia libera e bioenergetica cellulare.
Nutrizione microbica: categorie nutrizionali e costituenti dei terreni di coltura. Terreni colturali naturali, sintetici e industriali. Respirazione aerobica del materiale organico: le due vie glicolitiche, la via dei pentosi, il ciclo di Krebs e la fosforilazione ossidativa. Microrganismi di interesse ambientale ed industriale in grado di respirare il materiale organico in condizioni aerobiche. Cenno ai microrganismi chemiolitotrofi e al loro ruolo in ambito ambientale. Respirazione anaerobica: generalità e ruolo di questo metabolismo nei microrganismi dell'ambiente. Fermentazioni: cenno ai principali meccanismi di fermentazione microbica del materiale organico, con particolare riferimento alla fermentazione alcolica e a quella lattica. Microrganismi fermentati di maggiore interesse industriale e ambientale.

Colture miste, co-colture e colture pure e metodi biochimici e microbiologici per la loro caratterizzazione. Tecniche per la misura della concentrazione cellulare e per la conservazione dei microrganismi. Crescita microbica in coltura batch, fed-batch e continua. Cinetiche di crescita microbica: modelli di Monod e di Andrews e loro applicazione nella determinazione dei parametri cinetici di una coltura microbica. Agenti fisici e chimici che controllano la crescita microbica e metodi di sterilizzazione.

Aspetti generali delle produzioni microbiologiche di interesse industriale. Impiego di processi a cellule sospese e di processi a cellule immobilizzate. Cenni alle tecniche biologiche per il risanamento di matrici ambientali contaminate. Enzimi di maggiore interesse industriale: loro meccanismo d'azione e impiego in ambito industriale ed ambientale.

Testi consigliati

LEHNINGER, NELSON, COX (1997), *Introduzione alla Biochimica* - Zanichelli, Bologna.
MADIGAN, MARTINKO, PARKER (2003), *Brock-Biologia dei Microrganismi.* Vols. 1 e 2. Casa Editrice Ambrosiana. Milano.

Valutazione del profitto
Prova finale unica orale.

ELEMENTI DI CHIMICA ORGANICA E BIOCHIMICA L **BO, cds: R**
Docente: **Leonardo Marchetti** prof. ord.

L'oggetto della Chimica Organica e della Biochimica, la loro importanza scientifica, industriale e per l'ambiente.

Le formule dei composti organici e la loro rappresentazione grafica.

La classificazione dei composti organici. Le nomenclature d'uso e la nomenclatura razionale IUPAC dei composti organici.

Gli idrocarburi alifatici ed aromatici: struttura, nomenclatura, proprietà fisiche, preparazione e reattività.

L'isomeria in Chimica Organica: isomeria strutturale e stereoisomeria; le nomenclature R,S e E,Z.

Le reazioni organiche e le loro classificazioni. Richiami di termodinamica e di cinetica chimica. Il meccanismo delle reazioni organiche: principi generali ed aspetti termodinamici e cinetici. Gli effetti induttivi, di risonanza e sterici.

I composti eterociclici, aromatici e non aromatici (cenni).

I composti organici alogenati. Gli alcoli e i fenoli. Gli eteri e gli epossidi. I tioli, i tioeteri e gli altri derivati organici dello zolfo. Le ammine e gli altri composti organici azotati. Le aldeidi ed i chetoni. Gli acidi carbossilici ed i loro derivati. I composti organici polifunzionali.

Le Biomolecole ed il loro ruolo nell'ecosistema

I Lipidi (o Grassi): Caratteristiche e loro importanza biologica, nell'alimentazione ed industriale. Le funzioni biologiche dei lipidi. Lipidi semplici e Lipidi complessi. I Gliceridi e la loro composizione.

I saponi – Cenno ai detergenti sintetici.

I Glucidi (o Zuccheri): Struttura e loro importanza biologica, nell'alimentazione ed industriale. Nomenclatura e classificazione. Glucidi semplici e Glucidi complessi. Proprietà fisiche. Potere rotatorio. Strutture cicliche e mutarotazione.

I glucidi più importanti: monosaccaridi e polisaccaridi di maggiore interesse industriale ed ambientale: cellulosa, amido, glicogeno.

I Protidi (o Proteine): Struttura e loro importanza biologica, nell'alimentazione ed industriale.. Gli _-amminoacidi: struttura chimica, proprietà chimiche e stereochimiche. La condensazione degli amminoacidi ed il legame peptidico.

I Peptidi ed i Protidi (o proteine): funzione biologica e struttura: primaria, secondaria, terziaria e quaternaria. Le proprietà e la classificazione delle proteine.

Gli Acidi Nucleici: loro natura ed importanza nella conservazione e trasmissione dei caratteri genetici. La struttura dei nucleotidi, dei nucleosidi e degli acidi nucleici, DNA e RNA. La struttura primaria e secondaria del DNA. La doppia elica. La sequenza delle basi.

La duplicazione del DNA – La Trascrizione – La Traduzione (cenni).

Testi consigliati

Chimica Organica:

C. DI BELLO - *Principi di Chimica Organica* - Ed. Decibel, Padova.
H. HART - *Chimica Organica* - Ed. Zanichelli, Bologna.
J. KICE e E. MARVELL - *Principi di Chimica Organica* - Ed. Piccin, Padova.
J. MCMURRAY - *Fondamenti di Chimica Organica* - Ed. Zanichelli, Bologna.

Biochimica:

A. L. LEHNINGER, D. L. NELSON e M. M. COX - *Introduzione alla Biochimica* – Ed Zanichelli, Bologna.

Testi di consultazione

N. L. ALLINGER et al. - *Chimica Organica* - Ed. Zanichelli, Bologna, o altri testi equivalenti.
D. L. NELSON e M. M. COX – *I Principi di Biochimica di Lehninger* - Ed. Zanichelli, Bologna.

Modalità d'esame.

L'esame (integrato con l'esame dell'insegnamento di Strumentazione e Misure per l'Inquinamento), consiste in una prova scritta ed una prova orale.

ELEMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI L **BO, cds: E**

Docente: **Maria Elisabetta Penati** ric.

1 – Generalità:
- Cenni storici. Che cos'è l'automazione
- Esempi di controlli automatici. Manipolazione materiale e manipolazione simbolica

2 – Modelli matematici:
- Tecniche di identificazione. Modelli matematici dei sistemi lineari e stazionari
- Equazioni (e sistemi di equazioni) differenziali; funzione di trasferimento funzione di risposta impulsiva.

3 – Analisi nel dominio dei tempi:
- Stabilità, controllabilità e osservabilità
- Errori a regime
- Insensibilità ai disturbi ed alle variazioni dei parametri.
- Parametri della risposta ad un ingresso a gradino

4 – Sintesi nel dominio dei tempi:
- Luogo delle radici
- Regolatori standard.

5 – La funzione di risposta armonica:

– Definizione e sue rappresentazioni: diagrammi polari, diagrammi di Bode.
6 – Analisi armonica:
– Criteri di stabilità. Margini di ampiezza e di fase.
– Luoghi a M e a N costante, picco di risonanza e larghezza di banda.
7 – Componenti dei sistemi di controllo:
– Motori elettrici in c.c.
– Trasduttori e sensori

Esercitazioni: sono inserite nello svolgimento della parte teorica cui si riferiscono.

Esame: prova scritta e orale.
Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica.

Testi consigliati

G. BERTONI, M.E. PENATI, S. SIMONINI, *I componenti dell'automazione*, Bologna, Esculapio, 2001.
M.E. PENATI, G. BERTONI, *Automazione e sistemi di controllo*, Vol. I, II, Esculapio, Bologna, 2000.
M.E. PENATI, *Controlli automatici*, Esculapio, Bologna, 2000.

ELEMENTI DI FOTOGRAMMETRIA L **CE, cds: dud**
Docente: **Antonio Zanutta** ric.

1. Obiettivi del corso

Il corso fornisce le conoscenze di base delle moderne tecniche della fotogrammetria con un particolare approfondimento per le applicazioni nei campi del rilievo edilizio-urbano e delle strutture civili ed industriali. Si affrontano i temi dell'impostazione teorica analitica con alcuni cenni a quella digitale, della moderna strumentazione necessaria alla costruzione del modello metrico tridimensionale dell'oggetto rilevato e degli sviluppi applicativi nei diversi settori.

2. Struttura didattica

Il corso è articolato in una serie di lezioni riguardanti l'inquadramento della disciplina ed esempi applicativi. Si prevedono, ad integrazione delle lezioni, delle esercitazioni pratiche che mettono l'allievo in grado di eseguire, autonomamente, operazioni di rilievo. Quale prerequisito si presume che l'allievo abbia già acquisito le nozioni di base fornite dal corso di Topografia.

3. Argomenti delle lezioni

Fondamenti di fotogrammetria: concetti generali, l'uso metrico della fotografia intesa come prospettiva centrale. Terminologia: stella di direzioni, modello stereoscopico, parametri e procedure principali di orientamento.

Strumentazione di presa: camere aeree, camere terrestri: caratteristiche, componenti, alcuni esempi; cenni sulle camere digitali e sugli strumenti per l'acquisizione di immagini digitali.

Strumentazione per la restituzione: comparatori, restitutori analogici ed analitici, cenni sulle stazioni fotogrammetriche digitali. Strumenti analitici semplificati. Raddrizzatori e ortofotoproiettori.

Assunzione delle informazioni: progettazione delle prese terrestri; il progetto di volo in aero-

fotogrammetria; la determinazione dei punti d'appoggio per via topografica e fotogrammetrica.

Fondamenti analitici: sistema di riferimento immagine, modello, oggetto. Trasformazione tra sistemi 2D e 3D. Compensazione ai minimi quadrati per osservazioni indirette nella realizzazione di trasformazioni tra sistemi 2D e 3D. La trasformazione proiettiva: relazione proiettiva tra oggetti e immagini, relazione tra coordinate lastra e coordinate assolute; orientamento esterno di un fotogramma, soluzione analitica dei problemi fondamentali di orientamento interno, relativo e assoluto. Procedure di orientamento analitiche.

La restituzione numerica nella produzione cartografica, come base per i GIS, metodi semplificati di restituzione per punti nella fotogrammetria dei vicini.

Esempi di rilevamenti.

4. Esercitazioni

Il corso prevede un ciclo di esercitazioni dove gli allievi potranno svolgere un'esperienza completa per l'esecuzione di un rilievo fotogrammetrico terrestre di un'opera di interesse architettonico o artistico: progetto, prese, appoggio topografico e restituzione fotogrammetrica mediante restitutore analitico.

5. Modalità d'esame

L'esame si articola in un'unica prova orale che mira a verificare l'apprendimento degli argomenti trattati nel corso delle lezioni.

Testi di riferimento

KRAUS K., 1994. *Fotogrammetria, teoria e applicazioni*, Vol. I. Libreria Levrotto e Bella, Torino (traduzione di Sergio Dequal).

SAINT AUBIN J.P., 1999. *Il rilievo e la rappresentazione dell'architettura*. Edizione italiana a cura di Baratin L. e Selvini A., Ed. Moretti & Vitali, Bergamo.

Materiale vario fornito dal docente

Altri testi da consultare

FONDELLI M., 1992. *Trattato di fotogrammetria urbana e architettonica*. Editori Laterza, Bari.

FANGI G., 1995. *Note di fotogrammetria*. CLUA Edizioni Ancona.

SELVINI A., GUZZETTI F. 2000. *Fotogrammetria generale*. UTET, Torino.

BEZOARI G., MONTI C., SELVINI A., 2001. *Misura e rappresentazione*. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

ELEMENTI DI GEOTECNICA L **CE, cds: dud**

Docente: **Guido Gottardi** prof. ass

Finalità

Il corso intende fornire i concetti di base della meccanica delle terre e delle sue applicazioni nel settore edilizio.

Programma

Analisi e classificazione delle terre. Processi di formazione del terreno. Principali tipi di terre. Componenti mineralogiche e caratteristiche strutturali. Caratteristiche fisiche delle terre e pro-

prietà indice. Analisi granulometrica. Limiti di Atterberg. Sistemi di classificazione delle terre.

L'acqua nel terreno. Proprietà dell'acqua interstiziale. Elementi di idrostatica. Principio delle tensioni efficaci. Fenomeni di capillarità, ritiro e rigonfiamento. Profilo delle tensioni litostatiche verticali. Forme di energia di un fluido in movimento, equazione di Bernouilli. Moti di filtrazione attraverso un mezzo poroso, definizione e misura del carico piezometrico. La legge di Darcy e il coefficiente di permeabilità. Pressione di filtrazione e gradiente idraulico critico.

Tensioni litostatiche. Il terreno come mezzo continuo. Analisi dello stato tensionale in un punto, convenzioni di segno, rappresentazione mediante i cerchi di Mohr. Coefficiente di spinta a riposo. Storia dello stato tensionale: terreni normalconsolidati e sovraconsolidati. Pressione di preconsolidazione e cause di sovraconsolidazione. Cenni sulla distribuzione elastica delle tensioni.

Compressibilità e consolidazione. La prova di compressione edometrica: scopo, apparecchiatura e modalità di prova, elaborazione dati e presentazione dei risultati. Il processo di consolidazione monodimensionale. Parametri edometrici e calcolo dei cedimenti. Consolidazione secondaria.

Resistenza al taglio delle terre. Criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Parametri di resistenza al taglio e loro determinazione sperimentale. Prove di taglio diretto e di compressione triassiale. Resistenza e deformabilità dei terreni incoerenti e coesivi. Resistenza al taglio residua. Verifiche di stabilità a breve e lungo termine.

Le indagini geotecniche. Finalità e mezzi di indagine. Sondaggi e prelievo di campioni. Prove in sito: prove penetrometriche statiche e dinamiche, prova con piezocono, prova scissometrica. Misure in sito.

Stati di equilibrio limite e spinta delle terre. Equilibrio limite attivo e passivo, coefficienti di spinta, diagrammi di spinta. Opere di sostegno: tipologie e verifiche di stabilità. Altezza critica di una parete verticale.

Fondazioni. Fondazioni dirette e profonde: tipologie e tecniche esecutive. Capacità portante di fondazioni superficiali secondo Rankine e Terzaghi. Verifiche a breve e lungo termine. Pali battuti, a cassaforma infissa e trivellati. Formule statiche per pali di fondazione, portata di base e per attrito laterale.

Normativa geotecnica vigente.

Sono previste visite tecniche a laboratori di geotecnica e/o a cantieri edili.

Testo di riferimento

COLOMBO P. e COLLESELLI F., *Elementi di Geotecnica*, Zanichelli, 1996.

ELEMENTI DI INFORMATICA L **BO, cds: R**

Docente: **Franca Tesi Rossi** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di fornire agli studenti:

– gli elementi di base della architettura di un sistema di calcolo;

– i principi fondamentali per l'analisi e la risoluzione di diverse classi di problemi mediante l'impiego di un calcolatore elettronico.

Il sistema di elaborazione

La struttura dei problemi e degli algoritmi. Deduzione dello schema a blocchi della architettura di un calcolatore elettronico numerico. Sistema di rappresentazione interna dell'informazione. Formato delle istruzioni, dei dati e capacità d'indirizzamento. Unità di memoria e gerarchia di memoria. Unità centrale di elaborazione: sezione aritmetico-logica, sezione di controllo, inter-

ruzioni e loro gestione. Dispositivi di Ingresso/Uscita. Cenni al parallelismo nei sistemi di calcolo ad alte prestazioni. Funzioni e struttura di un sistema operativo. Struttura e gestione dei files.

Il linguaggio dei diagrammi di flusso

Diagrammi a blocchi e flow-charts. Istruzioni fondamentali e loro rappresentazione grafica. Ciclo: varie configurazioni in cui si presenta. Cicli annidati. Schema di chiamate a procedure annidate. Array mono e bidimensionali. Realizzazione delle flow chart relative a procedure che coinvolgono operazioni di algebra matriciale con array mono e bidimensionale. Algoritmi di ordinamento e di ricerca: ordinamento a bolla, per scelta, per fusione; ricerca sequenziale e binaria.

Linguaggi ad alto livello: Elementi di Fortran 77

Linguaggio macchina e linguaggi ad alto livello. Costanti. Variabili. Variabili con indice. Espressioni: aritmetiche, logiche, character. Istruzioni di assegnazione. Controllo del flusso di un programma; controllo delle decisioni: istruzione IF, IF aritmetico, IF logico, istruzione GO TO; controllo delle iterazioni: istruzioni DO. Istruzioni di dichiarazione e di definizione. Istruzioni di READ e di WRITE. Istruzione FORMAT. Le subroutines.

Elementi di calcolo numerico

Richiami di algebra delle matrici. Soluzione approssimata delle equazioni algebriche: metodo del dimezzamento e metodo delle corde. Metodi numerici per il calcolo d'integrali definiti: metodo di Simpson. Approssimazione: Principio dei minimi quadrati. Tecnica del best-fit. Regressione lineare. Approssimazione delle funzioni reali. Estensione dei minimi quadrati al caso continuo. Equazioni differenziali ordinarie. Metodi numerici di soluzione: Eulero, Eulero-modificato, Runge-Kutta. Propagazione degli errori nei metodi iterativi. Equazioni differenziali alle derivate parziali. Richiami sui metodi analitici di soluzione; Metodi numerici: metodo delle differenze finite, metodo delle varietà caratteristiche.

L'insegnamento viene integrato con *esercitazioni* in aula ed ai personal-computers.

L'*esame* consta di una prova scritta eseguita su personal computers e di una prova orale che verte essenzialmente sul calcolo numerico e sull'architettura del sistema di elaborazione.

ELEMENTI DI PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI LS **BO, cds: E**

Docente: **Gianni Pattini** prof. ass.

Programma.

Parte I

1. *Le diverse fasi dall'ideazione alla realizzazione di un opera*
- Cenni sulle modalità di appalto dei lavori
- Progetto di massima e preventivo sommario
- Progetto definitivo e preventivo particolareggiato
- Progetto esecutivo
- Direzione dei lavori
- Cenni sul coordinamento dei lavori ai fini della sicurezza
- Le verifiche finali

2. *Documentazione di progetto*
- Struttura della relazione tecnica;
- Calcoli di progetto;
- Cenni sulla formazione dei prezzi e redazione del preventivo.
- Documentazione di cantiere

Parte II - Impianti elettrici particolari
- Impianti per ambienti a maggior rischio in caso di incendio;
- Caratteristiche delle alimentazioni di sicurezza;
- Impianti per locali di pubblico spettacolo;
- Impianti per locali ad uso medico;
- Particolarità degli impianti per l'alimentazione di apparati di elaborazione;
- Esempi di impianti per locali con pericolo di esplosione: centrali termiche; garage.

NOTA: nell'ambito delle 30 ore previste per le lezioni verrà svolto uno degli argomenti monografici indicati nella Parte II.

Testi consigliati

Riferimenti bibliografici:
- Norme CEI 0-2, 64-8, 64-2
- Legge 109/94 e successive modificazioni;
- Elementi di progettazione Elettrica - Edizioni TNE
- Guide blu "Impianti a Norme CEI" Edizioni TNE

Vengono inoltre fornite tracce delle lezioni stilate dal docente.

ELEMENTI DI PROGETTAZIONE EDILE **CE, cds: dud**
Docente: **Paolo Bettini** prof. ass.

Il corso di Elementi di Progettazione Edile intende fornire, ai profili professionali attivi nei diversi ambiti della tecnologia edilizia o della ideazione, definizione e realizzazione di opere civili, le conoscenze che permettano di compiere sintesi operative tra vari aspetti disciplinari: da quelli di tipo scientifico/analitico a quelli di tipo tecnologico, uniti a quelli della progettazione architettonica e della produzione edilizia, tutti organicamente intrecciati e simultaneamente attivi nelle diverse pratiche professionali e nei molteplici aspetti delle realizzazioni, sia del settore pubblico che di quello privato.

Le lezioni e le esercitazioni evidenzieranno i principali aspetti costruttivi, normativi, funzionali, distributivi e figurativi che accompagnano l'ideazione e la definizione di un intero oggetto edilizio, attraverso verifiche progettuali operate su semplici edifici, con dimensioni e programmi funzionali, compatibili con i tempi e le necessità didattiche.

ELEMENTI DI SCIENZA DELLE COSTRUZIONI L **CE, cds: dud**
Docente: **Giovanni Pascale** prof. ass.

1. ELEMENTI DI MECCANICA DEI CONTINUI

Analisi della deformazione e della tensione. Tensioni tangenziali e scorrimenti angolari. Rappresentazione tensoriale delle tensioni e delle deformazioni. Trasformazioni per rotazioni del sistema di riferimento. Direzioni principali. Stati particolari di deformazione e di tensione. Rappresentazione grafica di Mohr per gli stati tensionali piani. Leggi di Hooke generalizzate. Leggi dell'elasticità per i materiali ortotropi.

2 LA TRAVE SOGGETTA A SOLLECITAZIONI DIVERSE

La trave soggetta a torsione. Analogia idrodinamica. Sezione circolare, sezione rettangolare, sezioni sottili aperte e chiuse.

La trave soggetta a taglio e flessione. Trattazione approssimata di Jourawsky.

3 MATERIALI E SPERIMENTAZIONE

Materiali duttili e fragili. Acciai e calcestruzzi: classificazione e cenni alle normative. Legami costitutivi. Materiali compositi fibrosi a matrice polimerica: cenni.

Sperimentazione dei materiali e delle strutture: macchine di prova, procedure sperimentali e strumentazione per la misura di forze, spostamenti e deformazioni, con applicazioni pratiche in laboratorio.

Esercitazione pratica: analisi teorica e sperimentale di una trave di acciaio, con determinazione di spostamenti e deformazioni.

4 SICUREZZA STRUTTURALE

Generalità sui criteri di crisi per stati di tensione pluriassiali. Tensione equivalente in base ai criteri di Rankine-Navier, Mohr-Coulomb, Tresca, Beltrami e Huber-Mises-Hencky.

Dimensionamento e verifica di resistenza di travi soggette a sollecitazioni semplici e composte, col metodo delle tensioni ammissibili.

5 ANALISI DELLE STRUTTURE

Analisi di strutture iperstatiche soggette a carichi e variazioni termiche, con eventuali cedimenti vincolari, attraverso il metodo delle forze e il P.L.V. Determinazione delle caratteristiche della sollecitazione e della deformata elastica. Telai a nodi fissi ed a nodi spostabili.

6 INSTABILITÀ DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

Impostazione del problema. L'asta di Eulero. Lunghezza libera d'inflessione. Snellezza. Iperbole di Eulero e snellezza limite. Metodo Omega. Casi reali di instabilità (instabilità progressiva).

Libri di testo

PASCALE, *Lezioni di scienza delle costruzioni*, Voll. 1 e 2, Esculapio - Progetto Leonardo, Bologna.

VIOLA, *Esercitazioni di scienza delle costruzioni*, Voll. 1 e 2, Pitagora, Bologna.

PASCALE, *Scienza delle costruzioni: esercizi d'esame svolti*, Esculapio - Progetto Leonardo, Bologna.

BIGONI, DI TOMMASO, GEI, LAUDIERO, ZACCARIA, *Geometria delle masse*, Esculapio - Progetto Leonardo, Bologna.

Altri testi di riferimento

DI TOMMASO, *Fondamenti di scienza delle costruzioni*, Patron, Bologna.

CARPINTERI, *Scienza delle costruzioni*, Pitagora, Bologna (con esercizi).

VIOLA, *Scienza delle costruzioni*, Pitagora, Bologna.

BELLUZZI, *Scienza delle costruzioni*, Zanichelli, Bologna.

CAPURSO, *Lezioni di scienza delle costruzioni*, Pitagora, Bologna.

BEER, JOHNSTON, *Scienza delle costruzioni*, Mc Graw Hill, Milano.

Modalità di svolgimento degli esami

L'esame consiste in una prova orale, preceduta dallo svolgimento di uno o più esercizi scritti.

Gli allievi che desiderano ulteriori informazioni possono rivolgersi al titolare dell'insegnamento, al numero telefonico diretto 051/2093515, oppure al seguente indirizzo di posta elettronica: giovanni.pascale@mail.ing.unibo.it.

ELEMENTI DI SISTEMI ELETTRICI L **BO, cds: E**

Docente: **Carlo Alberto Nucci** prof. straord.

Il corso si propone di fornire la descrizione della funzione e della struttura dei sistemi elettrici per l'energia comprendenti gli impianti di produzione e le reti di trasmissione e di distribuzione, nonché di introdurre le conoscenze di base per l'esercizio e la gestione di essi.

Programma

1. *Il sistema elettrico per l'energia.* – Struttura e componenti. Gli impianti di produzione. Le linee elettriche: parametri primari (resistenza, conduttanza, induttanza e capacità di servizio) ed equazioni in regime permanente. La rete di trasmissione. Le reti di distribuzione. Vantaggi delle interconnessioni tra reti. Gestione e controllo di un sistema elettrico per l'energia. Il sistema elettrico italiano: configurazione e operatori.

2. *Analisi del sistema elettrico per l'energia.* – Impostazione dei calcoli di rete: calcolo dei flussi di potenza. Calcolo delle correnti di cortocircuito.

3. *Il mercato concorrenziale dell'energia elettrica.* – Gli operatori del mercato. L'articolazione del mercato elettrico italiano: mercati dell'energia e mercati dei servizi ausiliari di sistema.

Sono previste esercitazioni in aula ed al calcolatore.

Le dispense sono a disposizione degli studenti del corso nel sito http://www.ing.unibo.it/nucci. Esse contengono anche i riferimenti ai testi consigliati per l'approfondimento dei singoli argomenti.

Modalità di esame

L'esame verrà sostenuto contestualmente all'insegnamento di Impianti Tecnici L.

L'esame comprenderà una prova scritta, che si terrà il giorno della prova orale, e che consisterà nella soluzione di un esercizio dello stesso tipo di quelli fatti a lezione.

Gli appelli di esame avranno una cadenza mediamente bisettimanale nei periodi di esame ammessi dalla Facoltà.

Testi consigliati

A. Paolucci, *Lezioni di Impianti Elettrici*, CLEUP, 1995.
V. Carrescia, *Fondamenti di sicurezza Elettrica*, TNE, 1997.
Autori Vari: Guide su "Impianti a Norme CEI", TNE.
Norme CEI in genere ed in particolare: 0-2, 64-8, 11-1, 11-35, 11-38, 17-13, 17-6.
R. Marin, M. Valtorta, *Trasmissione ed interconnessione*, CEDAM 1973.
D. Zanobetti, M. Pezzi, *Lezioni di Impianti Elettrici*, CLEUB, 1981.
F. Iliceto, Impianti elettrici, PATRON, 1981.
R. Marconato, *Sistemi elettrici di potenza*, CLUP, Milano 1985.
A. Paolucci, *Lezioni di trasmissione dell'energia elettrica*, CLEUP, Padova 1990.

Vengono inoltre forniti appunti dai docenti.

ELEMENTI DI TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA L **CE, cds: dud**
Docente: **Maurizio Biolcati Rinaldi** ric.

Il Corso intende fornire una articolata intrepretazione del costruito, quella che considera qualunque realizzazione, dal semplice elemento al più complesso corpo di fabbrica, nella stretta interrelazione con le componenti dell'ambiente, quest'ultimo inteso nella sua specificità antropico-naturale.

Per raggiungere tali obiettivi, si procede secondo un percorso metodologicamente articolato su due filoni principali. Il primo, di carattere strettamente legato alle implicazioni costruttive, ma indissolubilmente connesso alle risoluzioni formali e funzionali, è quello che riconosce in qualunque tipologia insediativa una diversa e specifica risposta ad una gerarchia fissa, che dal MATERIALE procede nelle STRUTTURE, da queste negli IMPIANTI SPAZIALI, ed infine si esplicita nella complessità dell'ORGANISMO INDIVIDUATO. Il secondo, più mirato a valutazioni complessive, ma proprio per questo continuamente sottintese, si articola secondo l'interpretazione del costruito in una scalarità che ricomprende, procedendo dal livello territoriale, l'ambito urbano, la componente edilizia e la individualità architettonica.

Nel contempo, nella logica di una impostazione che mira alla formazione di tecnici oggettivamente preparati ad interpretare le attuali normative ed i più recenti Sistemi Qualità e di controllo della stessa, il Corso intende fornire risposte assolutamente cogenti, tramite la formulazione di strumenti capaci di competere con quanto i nuovi aspetti della professione richiedono.

Tutto questo nell'intento di fornire strumenti didattici capaci di formare il professionista del presente, dotandolo di strumenti di controllo e di gestione della propria capacità, ma non tralasciando la fondamentale matrice culturale che realmente può determinare, nelle sfide del lavoro, la differenza vincente.

Bibliografia di base

Per gli aspetti strettamente connessi ai MATERIALI, ai SISTEMI COSTRUTTIVI, agli IMPIANTI SPAZIALI ed agli ORGANISMI INDIVIDUATI:

GIANCARLO CATALDI, *Sistemi statici in architettura*, Teorema Edizioni, Firenze, 1974.

Per le implicazioni sottintese nel rapporto AMBIENTE NATURALE-COSTRUITO ANTROPICO:

BARBARA BARTOLI, *La via faentina e la tipologia ambientale*, Edizioni Moderna-Ra, Ravenna, dicembre 1999.

Per le strumentazioni normative e progettuali in materia di SICUREZZA e QUALITÀ del costruito:

M. C. TORRICELLI, S. MECCA, *Qualità e gestione del progetto nella costruzione*, A Linea editrice, Firenze, 1996.

BARBARA BARTOLI, *Quale sicurezza? Una strumentazione pratica di riferimento: l'insegnamento accademico, l'esperienza professionale, l'approfondimento specifico*, Edizioni Moderna-Ra, Ravenna, novembre 2000.

ELETTROMAGNETISMO APPLICATO LS **BO, cds: E**
Docente: **Ugo Reggiani** prof. ord.

Finalità dell'Insegnamento

Il corso si propone di fornire la conoscenza dei fenomeni alla base della propagazione delle

onde elettromagnetiche e delle interferenze elettromagnetiche (EMI). Sono ricavati i modelli matematici per l'analisi di problemi di interferenza elettromagnetica e fornite le competenze per la loro risoluzione mediante filtri EMI, schermi e tecniche di messa a terra.

Programma

Elementi di propagazione elettromagnetica

Equazioni vettoriali delle onde. Mezzi privi di perdite: equazione di d'Alembert e sua soluzione, onda progressiva ed onda regressiva, soluzione in regime sinusoidale permanente, onda elettromagnetica trasversale (onda TEM) piana e uniforme, impedenza caratteristica del mezzo. Mezzi con perdite: onda TEM, costante di attenuazione e costante di fase, impedenza caratteristica del mezzo. Comportamento elettrico di un materiale (conduttore o isolante) e sua dipendenza dalla frequenza. Mezzo conduttore: onda TEM, impedenza caratteristica di un conduttore, spessore di penetrazione. Dimensioni elettriche di un sistema. Diffusione del campo elettromagnetico in un mezzo lineare, isotropo ed omogeneo. Onda TEM incidente su un piano di separazione di due mezzi: coefficienti di riflessione e di trasmissione, riflettore perfetto e riflettore non perfetto. Campo elettromagnetico irradiato da un dipolo elettrico e da un dipolo magnetico elementari. Campo vicino e campo lontano. Impedenza del campo vicino. Potenza irradiata da un dipolo elementare. Principali metodi numerici per il calcolo del campo elettromagnetico irradiato da sorgenti tipiche.

Diafonia

Soluzione generale nel dominio della frequenza. Accoppiamento induttivo e capacitivo.

Filtri EMI

Configurazioni circuitali dei filtri EMI, proprietà e criteri di scelta.

Schermatura

Cenni sui metodi e tecniche di schermatura dei campi elettromagnetici.

L'insegnamento è integrato da esercitazioni teoriche e numeriche.

Testo consigliato:

C. R. PAUL, *Compatibilità Elettromagnetica*, Hoepli, Milano, 1995.

Esame: orale

ELETTRONICA APPLICATA LS **BO, cds: L**

Docente: **Sergio Graffi** prof. ord.

Richiami sull'analisi della stabilità degli stati di riposo di un circuito. Generalità su oscillazioni e oscillatori; oscillatori (quasi) sinusoidali e oscillatori di rilassamento. L'equazione e gli oscillatori di van der Pol. Sintesi di resistori a resistenza differenziale negativa e applicazioni con amplificatori operazionali, con transistori bipolari e con transistori MOS. Oscillatori sinusoidali con struttura a due bipoli. Oscillatori sinusoidali a retroazione. Bilanciamento armonico e funzione descrittiva. Oscillazioni di rilassamento in circuiti SLCR. Multivibratori astabili. Cenni sulla

sincronizzazione di oscillazioni. Multivibratori monostabili. Multivibratori bistabili. Studio personalizzato di altri circuiti non lineari e non autonomi.

ELETTRONICA DEI SISTEMI DIGITALI LS **Bo, cds: T**
Docente: **Eleonora Franchi Scarselli** ric.

Finalità del corso

Il corso tratta le moderne metodologie di progetto dei circuiti integrati a larga scala (VLSI) in tecnologia CMOS, con riferimento sia alle architetture circuitali che realizzano le più importanti funzioni logiche e aritmetiche, sia alle tecniche di progettazione assistita ai vari livelli di astrazione. Il corso prevede un ciclo di esercitazioni di laboratorio.

Programma del corso

Tendenze evolutive della Microelettronica.

Evoluzione della microelettronica verso livelli crescenti di integrazione. Legge di Moore. Miniaturizzazione dei componenti elettronici elementari. Requisiti funzionali e prestazioni dei dispositivi elettronici. Livelli di astrazione di un sistema digitale. Metodologie progettuali semicustom (FPGA, GA, SOG, SC) e full custom.

Celle digitali in logica statica CMOS.

Richiami sulle proprietà dei circuiti digitali e loro parametri rappresentativi. Brevi cenni di tecnologia planare del silicio, con particolare riferimento ai processi CMOS standard. Richiami sul ritardo di propagazione dell'invertitore statico e di porte logiche elementari. Considerazioni energetiche. Relazioni ritardo-consumo. Regole di composizione delle logiche statiche CMOS per la realizzazione di funzioni logiche complesse. Memorizzazione dell'informazione in forma statica. Latch e registri statici CMOS. Effetti legati alla contrazione delle geometrie.

Caratterizzazione circuitale di celle logiche per programmi di sintesi e simulazione logica (esercitazioni in laboratorio).

Celle digitali in logica dinamica CMOS.

Richiami sulle logiche CMOS dinamiche e sulle loro modalità di connessione in cascata. Logiche Domino. Memorizzazione dell'informazione in forma dinamica: latch e registri dinamici CMOS.

Interconnessioni

Modelli delle linee di interconnessione a parametri concentrati (C, RC). Effetti induttivi. Buffer. Effetti legati alla contrazione delle geometrie.

Aritmetica computazionale.

Sommatore completo in logica CMOS statica e dinamica. Sommatori seriali in logica statica e dinamica. Architettura dei sommatori paralleli di vario tipo (ripple carry, carry look-ahead, carry select, carry save, carry skip). Analisi delle prestazioni. Moltiplicatore seriale. Moltiplicatore parallelo a matrice. Moltiplicatori paralleli ad albero di Wallace e ad albero binario.

Dispositivi logici programmabili FPGA

FPGA: analisi di architetture significative. Linguaggi di progetto hardware applicati a FPGA: VHDL. Flusso di progetto basato su dispositivi commerciali (esercitazioni in laboratorio).

Architettura dei microprocessori.

Schema a blocchi di un elaboratore digitale su singolo chip a set ridotto di istruzioni. Unità di elaborazione, unità di controllo e unità di memoria. Struttura dell'unità di elaborazione e descrizione dei blocchi funzionali che la compongono: unità logico-aritmetica (ALU), shifter, registri, porte di ingresso/uscita e bus. Descrizione dell'architettura e dei blocchi funzionali di un tipico microprocessore RISC: il MIPS.

Modalità d'esame

Scritto e orale

Testi consigliati

JAN M. RABAEY, ANANTHA P. CHANDRAKASAN, BORIVOJE NIKOLIC, 'Digital Integrated Circuits, A design Perspective', 2nd Edition Prentice Hall, 2003 (http://bwrc.eecs.berkeley.edu/Classes/IcBook/index.html)

N. WESTE, K. ESHRAGHIAN: *Principles of C-MOS VLSI Design*, Addison-Wesley, 1992.

J. HENNESSY, D. PATTERSON: *Computer Architecture. A Quantitative Approach* Morgan Kaufmann Publishers, 1990.

E. FRANCHI SCARSELLI, L. SELMI: *Esercizi d'Esame di Elettronica Digitale* Patron Editore, 1998.

ELETTRONICA DEI SISTEMI DIGITALI LS — BO, cds: L

Docente: **Giorgio Baccarani** prof. ord.

L'Insegnamento tratta le moderne metodologie di progettazione dei circuiti e sistemi integrati a larga scala (VLSI) in tecnologia CMOS, con riferimento sia alle architetture circuitali che realizzano le più importanti funzioni logiche, sia alle tecniche di progettazione assistita ai vari livelli di astrazione. L'insegnamento prevede un ciclo di esercitazioni di laboratorio in un'aula appositamente attrezzata con un congruo numero di stazioni SUN; sarà inoltre reso disponibile software avanzato per la progettazione VLSI. Gli studenti avranno l'opportunità di sviluppare un progetto consistente in una macrocella di assegnate specifiche quale, ad esempio una unità logico-aritmetica, un controllore di memoria cache, uno shifter, etc. L'insieme di tali blocchi funzionali potrà successivamente portare alla fabbricazione di un microprocessore. Il collaudo dei microcircuiti progettati e realizzati potrà essere svolto come attività di laboratorio durante la preparazione della tesi di laurea.

Programma

1. *Progetto di celle digitali*

Brevi cenni di tecnologia planare del silicio, con particolare riferimento al processo CMOS. Logiche CMOS statiche e dinamiche: logiche a quattro fasi, a due fasi e a una fase. Logiche C^2MOS, CVSL, DOMINO, NORA, TSPC. Problemi di temporizzazione e corse critiche. Latch statici e dinamici. Logiche combinatorie. Schiere logiche programmabili (PLA).

2. *Aritmetica computazionale*

Sommatore completo in tecnologia CMOS statica e dinamica. Sommatori con riporto di vario tipo (ripple carry, carry lookahead, carry select, carry save, carry skip). Moltiplicatori seriali e paralleli, moltiplicatori senza riporto a matrice e ad albero. Divisori a matrice e divisori iterativi.

Cenni sul calcolo di funzioni irrazionali e trascendenti: radice quadrata, logaritmo, esponenziale. Rappresentazione in virgola mobile. Standard IEEE-754.

3. *Metodologie progettuali*

Metodologie progettuali *semicustom* e *custom*. Progettazione strutturata *top-down*: descrizione dei diversi livelli di astrazione. Il problema della sintesi logica. Il problema del layout. La funzione degli strumenti CAD. Descrizione dei principali algoritmi per la sintesi automatica ai diversi livelli di astrazione.

4. *Architettura dei Microprocessori*

Schema a blocchi di un elaboratore digitale su singolo chip. Struttura dell'unità di elaborazione e descrizione dei blocchi funzionali che la compongono: unità logico-aritmetica (ALU), shifter, registri, porte di ingresso/uscita e bus. Struttura dell'unità di controllo. Architettura a set ridotto di istruzioni (RISC). Descrizione di un microprocessore avanzato commercialmente disponibile.

5. *Architettura dei (DSP)*

Elaborazione dei segnali digitali. Filtri *finite impulse response* (FIR) e *infinite impulse response* (IIR). Metodi di definizione dei coefficienti. Struttura fisica e principio di funzionamento di un dispositivo CCD. Filtri a condensatori commutati. Architettura di un DSP microprogrammato (Harvard). Unità aritmetica, unità di calcolo degli indirizzi, *program counter*, registri, I/O. Conversione A-D e D-A.

Testi consigliati:

N. WESTE, K. ESHRAGHIAN, *Principles of C-MOS VLSl Design*, Addison-Wesley, 1992.
J. HENNESSY, D. PATTERSON, *Computer Architecture. A Quantitative Approach*, Morgan Kaufmann Publishers, 1990.
A. ANTONIOU, *Digital Filters: Analysis and Design*, Mc Grow-Hill, 1979.

ELETTRONICA DELLE TELECOMUNICAZIONI LS-A — BO, cds: E, T

Docente: **Vito A. Monaco** prof. ord.

Finalità

Il corso si propone di illustrare i circuiti elettronici di base impiegati nei sistemi di Telecomunicazioni. In particolare si intende fornire le conoscenze necessarie per la progettazioni dei circuiti che implementano, sulla base delle più moderne tecnologie, le funzioni fondamentali per la trasmissione e ricezione dei segnali.

Programma

a) Richiami sui sistemi di telecomunicazioni e sui blocchi funzionali che li compongono.

b) Amplificatori per grandi segnali; Non linearità nella caratteristiche dei dispositivi attivi di potenza; Distorsione armonica e intermodulazione negli stadi finali di amplificazione; Metodologie per la riduzione delle non-linearità; Rendimento e PAE; Massima potenza dissipabile sul dispositivo attivo.

c) Oscillatori controllati in tensione e con risonatore dielettrico. Circuiti rivelatori di fase ed anelli ad aggancio di fase (PLL). Impieghi dei PLL: sincronizzazione, demodulazione angolare, moltiplicazione, divisione e sintesi di frequenza. Analisi della stabilità di anello. Modulatori e de-

modulatori AM e PM. Convertitori di frequenza. Il rumore di fase negli oscillatori.
d) Mixer a diodi e a transistori; Mixer con bilanciamento semplice e doppio.

Esercitazioni e tesi.
Le esercitazioni riguarderanno esempi pratici di progetto di circuiti integrati per telecomunicazioni con l'impiego di strumenti CAD avanzati. Tali esperienze potranno avere una naturale prosecuzione in tesi di laurea.

Esame: orale.

Propedeuticità.
Elettronica Applicata I e II, Comunicazioni Elettriche

ELETTRONICA DELLE TELECOMUNICAZIONI — BO, cds: L, T

Docente: **Alberto Santarelli** ric.

Finalità
Il corso si propone di illustrare i circuiti elettronici avanzati impiegati nei sistemi di Telecomunicazioni. In particolare si intende fornire le conoscenze sui dispositivi elettronici per altissima frequenza e fornire criteri di progettazione di circuiti che sulla base delle più moderne tecnologie implementano blocchi funzionali particolari.
Il corso comprenderà esercitazioni di laboratorio sulla progettazione di circuiti.

Programma
a) Amplificatori ad alta frequenza per piccoli segnali a banda stretta e a larga banda; Richiami sui parametri di diffusione; Criteri di progettazione di reti di adattamento tra stadi con elementi a costanti concentrate o distribuite; Polarizzazione dei transistori; Analisi di stabilità; Configurazioni di amplificatori single-ended e bilanciati. Amplificatori in retroazione; Problematiche di rumore.

b) Dispositivi elettronici per altissime frequenze: diodi Shottky, PIN, Varactor, Eterostrutture, JFET, MESFET, (P)HEMT, HBT; Classificazione dei modelli di dispositivi. Modelli empirici orientati alla progettazione circuitale in ambiente CAD. Criteri di identificazione dei parametri.

c) Modelli di rumore nei dispositivi elettronici; Analisi del rumore nei circuiti e criteri di progetto.

d) Analisi numerica di circuiti elettronici non-lineari; Tecniche di Bilancio Armonico; Programmi per l'analisi automatica di circuiti elettronici nel dominio della frequenza. Esempi di progetto di circuiti integrati monolitici a microonde

Esercitazioni e tesi
Le esercitazioni riguarderanno esempi pratici di progetto di circuiti integrati per telecomunicazioni con l'impiego di strumenti CAD avanzati. Tali esperienze potranno avere una naturale prosecuzione in tesi di laurea.

Esame: orale.
Propedeuticità: Elettronica Applicata I e II, Comunicazioni Elettriche

ELETTRONICA DELLO STATO SOLIDO LSA e LSB **BO, cds: L**
Docente: **Massimo Rudan** prof. ord.

Finalità dell'Insegnamento

L'Insegnamento sviluppa la, teoria fisico-matematica necessaria alla descrizione del funzionamento dei dispositivi a stato solido. Vengono introdotti i concetti fondamentali della meccanica quantistica e del trasporto nei solidi, con applicazione ai piú importanti dispositivi elementari. L'Insegnamento può essere considerato come base culturale a, sé stante oppure, coordinato con altri quali Microelettronica, Chimica Fisica, Elettronica, dei sistemi digitali e Architettura dei Sistemi integrati, come parte propedeutica di un gruppo di materie che sviluppano in modo completo i concetti essenziali per la formazione di un ingegnere elettronico nel settore della Microelettronica.

Programma

1. Introduzione alla Meccanica Quantistica.
– Principi generali della Meccanica Quantistica. Grandezze fisiche e operatori ad esse associati, equazioni agli autovalori, completezza, degli insiemi di autofunzioni.
– Simultanea osservabilità di due grandezze fisiche. Sistemi completi di operatori che commutano, somma, di operatori indipendenti, autovalori e autofunzioni associate. Valor medio di una grandezza fisica e sua espressione quantistica. Teoremi di conservazione.
– Funzione hamiltoniana per una particella carica in un campo elettromagnetico. Equazione di Schrödinger per una particella soggetta a un potenziale parabolico, suoi autovalori e autofunzioni. Concetto di fotone.
– Indistinguibilità di particelle identiche, simmetria e antisimmetria della funzione d'onda. Statistiche di Fermi-Dirac e di Bose-Einstein.

2. Elementi di teoria dei solidi.
– Moto di un elettrone in un campo periodico e bande di energia. Pacchetti d'onde di Bloch. Conduttori, isolanti e semiconduttori.
– Elettroni e lacune nei semiconduttori. Teorema della massa efficace. Relazioni fra energia, momento e velocità di gruppo nei portatori in un cristallo. Tensore di massa.
– Teorema, di Liotiville ed equazione del trasporto di Boltzmann. Termini di collisione. Soluzione iterativa dell'equazione di Boltzmann nell'ipotesi del tempo di rilassamento.
– Velocità media, energia cinetica media, e temperatura dei portatori. Deduzione delle equazioni di continuità della massa, del momento e dell'energia. Il modello matematico della teoria dei dispositivi.

3. Elementi di teoria, dei dispositivi a semiconduttore.
– Condizioni di equilibrio e linearizzazione delle equazioni nell'intorno di una situazione di equilibrio. Termini di generazione-ricombinazione.
– Applicazione all'analisi della giunzione p-n e del condensatore MOS.

4. Seminari.
– L'Insegnamento è integrato da seminari su dispositivi avanzati: *quantum wire*, *quantum dot*, microscopio a effetto *tunnel*.
– Sono previste visite al Laboratorio CNR-LAMEL.

Argomenti di ricerca, nell'ambito dei quali sono disponibili tesi di laurea:
Dispositivi: modelli fisici avanzati del trasporto nei semiconduttori; metodi di soluzione delle corrispondenti equazioni; analisi, progettazione e ottimizzazione dei dispositivi. Sensori: analisi,

progettazione e ottimizzazione di sensori ottici e chimici. CAD tecnologico.

Le tesi di laurea si svolgono, di regola, presso il Dipartimento di Elettronica, Informatica e Sistemistica. Sono anche disponibili tesi più orientate verso la tecnologia da svolgersi, previo accordo, presso il Laboratorio CNR-LAMEL.

Testi di riferimento

1. E. De Castro, *Fondamenti di Elettronica, Fisica elettronica ed elementi di teoria dei dispositivi*, UTET, 1975.
2. E. De Castro, *Teoria dei dispositivi a semiconduttore*, Pàtron, 1983.
3. G. Baccarani, *Dispositivi MOS*, Pàtron, 1982.
4. D.A. Neamen, *Semiconductor Physics and Devices*, IRWIN, 1992.
5. P. Kiréev, *La Physique des Semiconducteurs*, MIR, 1975.
6. N.W. Ashcroft, N.D. Mermin, *Solid State Physics*, Saunders, 1976.
7. Testi generali di Meccanica quantistica:
   L. Landam e Lifchitz, *Mécanique quantique*, MIR, 1974.
   A. Messiah, *Mécanique quantique*, Dunod, 1969.
8. Su alcuni argomenti sono disponibili fotocopie di appunti e trasparenti.

ELETTRONICA INDUSTRIALE LS — BO, cds: L

Docente: **Fabio Filicori** prof. ord.

Finalità

Il corso si propone di illustrare i principi di funzionamento ed approfondire i criteri di progetto dei circuiti elettronici di potenza impiegati nell'automazione industriale, descrivendo anche le principali caratteristiche dei dispositivi elettronici attualmente impiegati in tale contesto.

Programma

• Principi di funzionamento e caratteristiche dei principali dispositivi elettronici di potenza: diodi, BJT, MOSFET, IGBT, tiristori convenzionali e GTO. Analisi dei fenomeni che limitano le massime tensioni, correnti e la velocità di commutazione.

• Circuiti driver per il funzionamento in commutazione dei dispositivi elettronici di potenza. Limitazione degli stress dinamici mediante circuiti snubber.

• Convertitori AC/DC e AC/AC controllati mediante tiristori.

• Struttura ed equazioni delle reti di commutazione e loro realizzazione impiegando i diversi tipi di dispositivi elettronici. Leggi di commutazione per la realizzazione di convertitori DC/DC, DC/AC, AC/DC e AC/AC. Studio delle principali topologie circuitali per la realizzazione di alimentatori di tipo switching. Esempi di applicazione nel campo degli azionamenti e del controllo di impianti industriali.

• Valutazione delle prestazioni, criteri di progettazione dei filtri e dimensionamento dei componenti dei convertitori elettronici di potenza.

• Stima delle perdite di conduzione e di commutazione nei dispositivi elettronici di potenza. Modello termico ed analisi termica in regime dinamico. Vincoli termici per il dimensionamento dei componenti e dei sistemi di smaltimento del calore.

Esercitazioni

Le esercitazioni riguarderanno esempi pratici di progetto, anche con l'impiego di strumenti CAD, di diversi tipi di circuiti trattati nell'ambito del Corso.

ELETTRONICA INDUSTRIALE LA — BO, cds: L

Docente: **Fabio Filicori** prof. ord.

Finalità

Il corso si propone di fornire le conoscenze di base per lo studio dei circuiti elettronici impiegati nell'ambito dell'automazione industriale, con particolare riferimento alle problematica applicative dell'elettronica di potenza.

Programma

Introduzione alle applicazioni dell'elettronica di potenza in ambito industriale. Rendimento e distorsione negli amplificatori e convertitori elettronici di potenza. Circuiti raddrizzatori monofase e trifase. Regolatori di tensione. Filtri per la riduzione della distorsione. Amplificatori di potenza e studio delle diverse classi di funzionamento. Analisi delle problematiche di controllo di motori elettrici e delle conseguenti condizioni operative imposte agli amplificatori di potenza. Convertitori elettronici di potenza operanti in commutazione di tipo DC/DC e DC/AC. Realizzazione delle reti di commutazione mediante, diodi, transistori bipolari e MOSFET di potenza. Controllo PWM a due e quattro quadranti di convertitori elettronici operanti in commutazione. Cenni sulle problematiche relative alla dissipazione di potenza ed ai limiti termici nei dispositivi elettronici di potenza.

Esercitazioni

Le esercitazioni riguarderanno esempi pratici di progetto di circuiti, anche con l'impiego di strumenti CAD.

ELETTRONICA PER L'AUTOMAZIONE LA — BO, cds: U

Docente: **Fabio Filicori** prof. ord.

Finalità

Il corso si propone di illustrare i principi di funzionamento e le principali caratteristiche dei circuiti elettronici necessari per la realizzazione dei sistemi di controllo impiegati nel campo nell'automazione industriale. In particolare verranno descritti i principali circuiti impiegati nell'elaborazione dei segnali digitali, nell'acquisizioni e conversione dei segnali e nell'interfacciamento con i diversi tipi di trasduttori.

Programma

Circuiti Logici

Principi di funzionamento dei circuiti logici. Caratteristiche fondamentali delle più importanti famiglie logiche. Problematiche relative alla velocità, al consumo ed all'immunità ai disturbi delle diverse famiglie logiche. Interfacciamento tra logiche diverse. Esempi di realizzazione circuitale di funzioni logiche fondamentali.

Circuiti per l'acquisizione e la conversione dei segnali

Problematiche relative all'interfacciamento dei circuiti per l'elaborazione dei segnali con i principali tipi di sensori e trasduttori impiegati nei sistemi di controllo industriale: messa in scala delle variabili, rumore, immunità ai disturbi, problemi di isolamento elettrico. Amplificatori e filtri per il condizionamento dei segnali. Circuiti per il campionamento dei segnali. Circuiti di

temporizzazione e di generazione degli istanti di campionamento. Circuiti per la conversione analogico/ digitale e digitale/analogica. Modulatori PWM e loro impieghi per la trasmissione di segnali e per il controllo di amplificatori di potenza operanti in commutazione.

Esercitazioni

Le esercitazioni riguarderanno esempi pratici di progetto di circuiti, anche con l'impiego di strumenti CAD.

ELETTRONICA LA **BO, cds: I (A-L), U**

Docente: **Massimo Lanzoni** prof. ass.

Finalità del corso

Fornire allo studente le conoscenze di base per l'analisi e la sintesi di circuiti elettronici analogici.

Programma del Corso:

Segnali. Metodi matematici per l'analisi dei segnali.

Amplificatori ed amplificatori multistadio. Amplificatori lineari.

Amplificatori operazionali. Circuiti ad operazionali. Filtri attivi. Multivibratori.

Diodi. Circuiti a diodi. Alimentatori.

Transistori: descrizione del comportamento elettrico e modelli compatti elementari.

Analisi del punto di riposo di un circuito. Applicazione ad alcune connessioni notevoli di transistori: connessione a diodo, specchi di corrente, generatori di corrente, coppia differenziale.

Piccoli segnali, linearizzazione e circuiti equivalenti per piccoli segnali dei dispositivi non lineari. Analisi di circuiti ai piccoli segnali.

Stadi amplificatori elementari, connessione in cascata di stadi amplificatori, amplificatori differenziali.

Stadi di potenza.

Testi Consigliati

SEDRA-SMITH, *Microelectronic Circuits*, 4th edition, Oxford University Press.
GRAY, MEYER, *Circuiti integrati analogici*, McGraw-Hill.

ELETTROTECNICA L **Bo, cds: N**

Docente: **Francesco Negrini** prof. ord.

Campi e Circuiti

Richiami sui principali operatori differenziali lineari del primo e del secondo ordine. Definizioni delle grandezze fondamentali. Equazioni di Maxwell in forma locale ed integrale. Energia di un sistema elettromagnetico e bilanci energetici. Teorema di Poynting. Passaggio dalla teoria dei campi alla teoria dei circuiti. Concetto di circuito a costanti concentrate. Elettrodinamica stazionaria: Leggi di Kirchhoff. Principali elementi circuitali. Metodi di studio dei circuiti elettrici (metodo delle equazioni di Kirchhoff, dei potenziali di nodo, delle correnti di maglia). Teoremi fondamentali per l'analisi delle reti elettriche. Elettrodinamica quasi-stazionaria. Studio di reti e circuiti in regime sinusoidale mediante il metodo simbolico di Steinmetz. Potenza in corrente al-

ternata e rifasamento. Principali strumenti di misura di tensione, corrente e potenza. Metodi di studio dei sistemi trifase simmetrici, asimmetrici, equilibrati e squilibrati. Calcolo e misura delle potenze nei sistemi a tre ad a quatto fili, inserzione Aron e rifasamento. Studio delle reti elettriche in fase transitoria mediante il metodo delle equazioni differenziali: passaggio dai dati iniziali alle condizioni iniziali tramite il postulato di continuità dell'energia.

Macchine e Sistemi Elettrici

Metodi di studio dei circuiti magnetici lineari e non lineari. Calcolo dei coefficienti di auto e mutua induzione. Fenomeni di perdita nelle macchine elettriche, Norme CEI: fondamenti legislativi e valore legale. Grandezze nominali, riscaldamento delle macchine elettriche, vita dei dielettrici, il rendimento convenzionale ed il collaudo delle macchine elettriche. Trasformatori monofase e trifase: principio di funzionamento, equazioni, reti elettriche equivalenti e calcolo delle prestazioni. Cenni ai trasformatori speciali.

Introduzione alla conversione elettromeccanica dell'energia. Principio di funzionamento, caratteristiche costruttive, prestazioni e modalità di esercizio delle principali macchine elettriche rotanti: M. Asincrone, M. Sincrone, M. a corrente continua. Cenni alle macchine elettriche speciali.

Elementi di economia dell'energia elettrica. Lo "sviluppo sostenibile" nel settore energetico. Struttura di un sistema elettrico di potenza. Caratteristiche dell'energia elettrica (intensità energetica e penetrazione elettrica). La produzione di energia elettrica: esigenze e vincoli del servizio, principali tipologie di centrali di produzione. Analisi dei sistemi per la generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Sistemi per l'accumulo dell'energia. Diagrammi di carico e modalità per la loro copertura. Esecuzione in laboratorio di prove su circuiti e macchine elettriche.

Modalità d'esame

L'esame si svolge generalmente mediante una prova scritta ed una prova orale: tutta la documentazione necessaria e sufficiente per superare tali prove viene distribuita durante le ore di lezione e di esercitazione.

Propedeuticità consigliate: Analisi L-A, Analisi L-B, Fisica Generale L-A, Fisica Generale L-B.

Riferimenti bibliografici

Per la parte teorica:

1. G. Fabricatore, *Elettrotecnica ed applicazioni*, Ed. Liguori, 1994.
2. F. Ciampolini, *Elettrotecnica generale*, Ed. Pitagora, 1971.
3. M. Guarnieri, A. Stella, *Principi ed Applicazioni di Elettrotecnica*, (2 volumi), Ed. Lib. Prog. Padova, 2001.

Quale ausilio alla risoluzione dei problemi di elettrotecnica:

1. Bobbio, DeMenna, Miano, Verolino, *Esercizi di Elettrotecnica*, (vol. 1, 2 e 3) Cooperativa Universitaria Editrice Napoletana, 2001.
2. Edminster, Nahvi, *Elettrotecnica*, (2 volumi), Collana SHAUM, McGrow-Hill, 1997.
3. Alexander, Sadiku, *Circuiti elettrici*, McGrow-Hill, 2001.
4. P. Ghigi, M. Martelli, F. Mastri, *Esercizi di Elettrotecnica*, Progetto Leonardo, Bologna, 1997.

ELETTROTECNICA INDUSTRIALE **BO, cds: M**
Docente: **Raffaello Sacchetti** prof. ass.

Richiami sugli operatori vettoriali e definizioni delle grandezze elettromagnetiche. Equazioni fondamentali dell'elettromagnetismo.

Elettromagnetismo stazionario: circuiti elettrici; legge di Ohm; collegamenti di resistenze e di condensatori; principi di Kirchhoff; potenza elettrica; circuiti magnetici lineari; legge di Hopkinson; auto e mutue induttanze; materiali ferromagnetici e magneti permanenti.

Elettromagnetismo quasi stazionario: legge di Ohm generalizzata; legge dell'induzione elettromagnetica e legge di Lenz; principi di Kirchhoff generalizzati; energie conservative; energia persa per ciclo di isteresi; circuiti elettrici in regime transitorio.

Circuiti elettrici in c.a.: rappresentazione mediante numeri complessi e vettori; legge di Ohm simbolica; principi di Kirchhoff simbolici; collegamenti di impedenze; sfasamento fra tensione e corrente; circuiti elementari; circuito risonante e antirisonante; potenze istantanee, attiva, reattiva e complessa; rifasamento degli utilizzatori.

Sistemi trifase: tensioni concatenate e correnti di linea; carichi di impedenze a triangolo e a stella; teorema di equivalenza; potenze per carico generico ed equilibrato; sistemi trifase con filo neutro. Macchine elettriche: impiego dei materiali ferromagnetici; perdite per isteresi e correnti parassite. Trasformatori: ipotesi di campo; equazioni interne ed esterne, ai valori istantanei e simboliche; relazioni approssimate; equazioni estese alle correnti parassite; rete equivalente; correnti magnetizzante e attiva; rete di Kapp; funzionamenti a vuoto e in cortocircuito; rendimento; trasformatori trifase; rapporti di trasformazione; autotrasformatore.

Macchine rotanti in c.a.: distribuzione degli avvolgimenti; ipotesi di campo; campo magnetico prodotto dalla corrente istantanea e sinusoidale di una fase; campo rotante di G.Ferraris; fem indotta.

Macchine asincrone: principio di funzionamento; scorrimento; pulsazioni delle f.e.m. indotte in statore e rotore; sincronismo fra campi rotanti; teorema di equivalenza; equazioni interne ed esterne; coppia elettromagnetica; rete equivalente;caratteristica elettromeccanica e meccanica; funzionamento da motore, generatore, freno; rendimento; stabilità del funzionamento a regime. Rotori a semplice e a doppia gabbia. Motore asincrono monofase.- Azionamenti: avviamento reostatico, a stella/triangolo, con autotrasformatore; regolazione di velocità a carico per commutazione del numero di poli, per variazione della frequenza o della tensione, per reostato sul rotore; frenatura elettrica in controcorrente e supersincrona.- Motori autofrenanti.

Macchine sincrone: rotori a poli lisci e sporgenti; principio di funzionamento dell'alternatore; cenni sul funzionamento da motore.

Macchine a c.c.: aspetti costruttivi; f.e.m. indotte in rotore; f.e.m. alle spazzole; rotore a tamburo. Dinamo con eccitazione indipendente: equazioni interne ed esterne; coppia elettromagnetica; caratteristica esterna; regolazione del punto di lavoro. – Dinamo autoeccitata: principio di funzionamento e regolazione – Motore eccitato in parallelo: principio di funzionamento; equazioni interne ed esterne; caratteristica elettromeccanica e meccanica; funzionamenti da motore, generatore, freno. Motore ad eccitazione indipendente: equazioni interne ed esterne – Motore eccitato in serie: equazioni interne ed esterne; caratteristica elettromeccanica e meccanica. – Azionamenti sui motori: avviamento reostatico e a tensione ridotta; controllo di velocità per regolazione del flusso, della tensione, della resistenza d'indotto; frenatura in controcorrente, a recupero d'energia, dinamica. Applicazione dei motori a c.c. alla trazione.

Impianti elettrici: confronto fra sistemi di trasmissione dell'energia; cadute di tensione e perdite su linee corte; rifasamento nelle linee trifase; linee aeree e in cavo; costanti fondamentali; riscaldamento dei conduttori e portata di una linea; cabine di distribuzione; pericoli per gli utenti; misure di protezione negli impianti di bassa tensione: impianto di terra, relè differenziali; criteri di dimensionamento di una linea.

Il programma del corso è completato dalle esercitazioni, che ne costituiscono parte integrante.

Testi consigliati

"Appunti delle lezioni del corso di Elettrotecnica Industriale L" - Ed. Pitagora, Bologna (redatti dal docente).
"Elettrotecnica generale" di F.Ciampolini - Ed. Pitagora, Bologna.

ELETTROTECNICA L **BO, cds: G**
Docente: **Francesco Negrini** prof. ord.

Campi Elettromagnetici
Richiami sui principali operatori differenziali lineari. Definizioni delle grandezze fondamentali. Equazioni di Maxwell in forma locale ed integrale. Energia di un sistema elettromagnetico e bilanci energetici. Teorema di Poynting. Passaggio dalla teoria dei campi alla teoria dei circuiti.

Circuiti Elettrici
Reti e circuiti a parametri concentrati. Leggi di Kirchhoff. Principali elementi circuitali: resistenze, induttori, condensatori, generatori indipendenti di tensione e di corrente, diodi, transistori, tiristori. Regimi stazionari. Serie e parallelo di resistenze. Trasformazioni triangolo - stella. Metodi di studio dei circuiti elettrici (equazioni di Kirchhoff, potenziali di nodo, correnti di maglia). Teoremi fondamentali per l'analisi delle reti elettriche (sovrapposizione degli effetti, Tellegen, Thevenin, Norton, etc.). Studio delle reti in fase transitoria. Stato iniziale dei componenti con memoria. Regimi sinusoidali. Legge di Ohm simbolica e concetto di impedenza. Leggi di Kirchhoff simboliche. Studio di circuiti in regime sinusoidale mediante il metodo simbolico. Potenza in regime sinusoidale. Rifasamento. Sistemi trifase. Utilizzatori a stella ed a triangolo. Utilizzatori equilibrati e squilibrati. Potenza assorbita da un utilizzatore trifase. Trifase con neutro.

Macchine Elettriche
Generalità. Circuiti magnetici. Legge di Hopkinson. Coefficienti di auto e mutua induzione. Fenomeni di perdita nelle macchine elettriche, Norme CEI: grandezze nominali, riscaldamento delle macchine elettriche, vita dei dielettrici, il rendimento convenzionale ed il collaudo delle macchine elettriche. **Il trasformatore**. Principio di funzionamento. Ipotesi di campo. Equazioni interne ed esterne. Circuiti equivalenti. Funzionamento a vuoto ed in corto circuito. Misura del rendimento. Trasformatori trifase. **Campo magnetico rotante. Macchine asincrone**. Principio di funzionamento. Equazione interne ed esterne. Teorema di equivalenza. Caratteristica meccanica ed elettromeccanica. Motori a gabbia e a doppia gabbia. **Macchine sincrone**. Principio di funzionamento e caratteristiche costruttive degli alternatori e dei motori. **Macchine a corrente continua**. Principio di funzionamento e caratteristiche costruttive.

Sistemi Elettrici
Produzione di energia elettrica: esigenze e vincoli del servizio, principali tipologie di centrali di produzione, cenni alle fonti non convenzionali. Diagrammi di carico e loro copertura. Struttura di una rete elettrica di potenza: linee, stazioni, sottostazioni, cabine. Principali organi di manovra e protezione. Principali dispositivi di protezione, criteri di scelta e di impiego. Impianti di terra: finalità e vincoli normativi, criteri di dimensionamento. Antinfortunistica elettrica: criteri di prevenzione degli infortuni, normativa ed effetti delle folgorazioni.

Modalità d'esame

L'esame si svolge generalmente mediante una prova scritta ed una prova orale: tutta la documentazione necessaria e sufficiente per superare tali prove viene distribuita durante le ore di lezione e di esercitazione.

Propedeuticità consigliate: Analisi L-A, Analisi L-B, Fisica Generale L-A, Fisica Generale L-B.

Riferimenti bibliografici

Per la parte teorica:
1. G. FABRICATORE, *Elettrotecnica ed applicazioni*, Ed. Liguori, 1994.
2. F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica generale*, Ed. Pitagora, 1971.
3. M. GUARNIERI, A. STELLA, *Principi ed Applicazioni di Elettrotecnica*, (2 volumi), Ed. Lib. Prog. Padova, 2001.

Quale ausilio alla risoluzione dei problemi di elettrotecnica:
1. EDMINSTER, NAHVI, *Elettrotecnica*, (2 volumi), Collana SHAUM, McGrow-Hill, 1997.
2. ALEXANDER, SADIKU, *Circuiti elettrici*, McGrow-Hill, 2001.
3. P. GHIGI, M. MARTELLI, F. MASTRI, *Esercizi di Elettrotecnica*, Progetto Leonardo, Bologna, 1997.

ELETTROTECNICA II **BO, cds: C**

Docente: **Pier Luigi Ribani** prof. ass.

Produzione della energia elettrica. Centrali di produzione, vari tipi di impianto e loro impatto ambientale: impianti idroelettrici, termoelettrici e nucleari. Produzione di energia elettrica per via eolica e solare. Principali caratteristiche dei sistemi di accumulo della energia elettrica. Impianti con celle a combustibile.

Generatore sincrono. Principio di funzionamento e caratteristiche costruttive. Circuito equivalente. Parallelo con una rete trifase di potenza infinita. Funzionamento da compensatore sincrono.

Conversione statica dell'energia elettrica. Componenti elettronici di potenza: diodo, transistore, IGBT, GTO, SCR. Principali convertitori: raddrizzatore, inverter e chopper. Azionamenti dei motori asincroni. Applicazioni nel settore industriale e del trasporto. Veicoli elettrici e principali schemi costruttivi.

Inquinamento elettromagnetico. Campi elettrici e magnetici generati dalle linee di trasmissione della energia elettrica. Campi elettromagnetici generati da sistemi per le telecomunicazioni. Effetti biologici e riferimenti normativi.

Modalità di esame. Orale

Sono disponibili dispense del docente in cui sono indicati numerosi testi per la consultazione.

ELETTROTECNICA L

BO, cds: R

Docente: **Pier Luigi Ribani** prof. ass.

Teoria dei Circuiti. Teoria dei circuiti elettrici a parametri concentrati. Reti elettriche in regime variabile quasi-stazionario. Cenni ai fenomeni transitori. Reti elettriche in regime sinusoidale. Sistemi trifase: simmetrico ed equilibrato, a quattro fili.

Trasformatori. Generalità costruttive e principio di funzionamento. Circuito elettrico equivalente. Rendimento convenzionale, prova a vuoto e prova in corto circuito, variazione di tensione. Trasformatore trifase. Parallelo dei trasformatori.

Macchine asincrone. Motore asincrono trifase. Generalità costruttive e principio di funzionamento. Teorema di equivalenza e circuito elettrico equivalente per fase. Caratteristica meccanica ed elettromeccanica. Regolazione della velocità ed avviamento. Funzionamento da freno e da generatore.

Impianti elettrici. Generalità sugli impianti elettrici e loro costituzione. Linee elettriche: circuito equivalente, caduta di tensione, rifasamento. Apparecchiature degli impianti: di comando, di manovra, di protezione, di misura. Interruttori automatici. Protezione dalle sovracorrenti e dalle sovratensioni. Sicurezza elettrica: effetti fisiologici della corrente, protezione contro gli infortuni, impianti di terra ed interruttori differenziali, riferimenti normativi.

Modalità di esame:
Una prova scritta ed una orale.

Testi consigliati:

G. FABRICATORE, *Elettrotecnica e applicazioni*, Ed. Liguori, Napoli.
Sono disponibili dispense del docente.

ELETTROTECNICA LA

BO, cds: T

Docente: **Carlo A. Borghi** prof. straord.

La materia di insegnamento ha carattere formativo e di base per gli studi di Ingegneria delle Telecomunicazioni. Essa è dedicata esenzialmente ai findamenti della Teoria dei Circuiti ed ha lo scopo di fornire agli studenti gli strumenti necessari all'analisi ciecuitale.

PROGRAMMA

Principi di teoria dei circuiti: elementi circuitali, circuiti elettrici, leggi di Kiechhoff, limiti del modello circuitale a costanti concentrate.

Elementi circuitali e loro proprietà: il bipolo e equazione costitutiva, i bipoli elementari ideali, il resistore, l'induttore ed il condensatore, i generatori indipendenti ed i generatori pilotati, serie e parallelo di bipoli, induttori accoppiati, ennupoli e elementi multiporta, doppi bipoli.

Regime sinusoidale nei circuiti elettrici: grandezze sinusoidali e fasori, rappresentazione de fasori sul piano di Gauss, lemmi di unicità, linearità e derivazione, impedenza cmplessa e trasformata di Steinmetz, caico ohmico, induttivo e capacitivo nel regime sinusoidale, risonnza e antirisonaza, potenza nel regime sinusoidale.

Analisi dei circuiti elettrici: metodo generale di analisi, metodo di eliminazione delle tensioni, principio di sovrapposizione degli effetti, metodo dei potenziali di nodo, teorema di Tellegen, funzione di trasferimento e caratterizzazone esterna dei circuiti, teorema di Thévenin e teorema di Norton.

Regime variabile: il transitorio nei circuiti elettrici, principio di conservazione dell'energia nei circuiti, risposta dei circuiti di primo e di secondo ordine, analisi del transitorio nel dominio del tempo per circuiti di ordine qualsiasi.

Il codice PSPICE: simulazione circuitale tramite PSPICE, file sorgente ".cir" e schematics, file ".out" e file ".dat", la grafica di uscita.

Sistemi trifase: triangoli delle crrenti e delle tensioni, sistemi simmetrici e sistemi equlibrati, carichi a stella e carichi a triangolo, trifasi col neutro.

Principio di conversione elettromeccanica: f.e.m. trasformatorica e f.e.m. dinamica, trasformatore e macchine elettriche rotanti.

Bibbliografia

C.K. ALEXANDER and M.N.O. SADIKU, *Circuiti Elettrici*, McGraw-Hill, Milano 2001.
J.D. JACKSON, *Classical Electrodynamics*, John Wiley and Sons, New York, 1975.
M. GUARNIERI, G. MALESANI, *Elementi di Elettrotecnica*, Edizioni Progetto Padova, 1999.
L.O. CHUA, C.A. DESOER, E.S. KUH, *Circuiti Lineari e non Lineari*, Gruppo Editoriale Jackson, 1989.
V. DANIELE, A. LIBERATORE, R. GRAGLIA, S. MANETTI, *Elettrotecnica*, Monduzzi Ed., Bologna 1994.
P.R. GHIGI, M. MARTELLI, F. MASTRI, *Esercizi di Elettrotecnca*, Ed. Esculapio, Bologna 1997.

ELETTROTECNICA L **BO, cds: P**

Docente: **Andrea Cristofolini** prof. ass.

Campi Elettromagnetici

Richiami sui principali operatori vettoriali. Definizioni fondamentali. Equazioni di Maxwell in forma ed integrale. Dalla teoria dei campi alla teoria dei circuiti.

Circuiti Elettrici

Reti e circuiti a parametri concentrati. Leggi di Kirkhhoff. Principali elementi circuitali: resistenze, induttori, condensatori, generatori indipendenti di tensione e di corrente. Regimi stazionari. Serie e parallelo di resistenze. Trasformazioni triangolo - stella. Metodi di studio dei circuiti elettrici. Metodo delle equazioni di Kirkohhoff. Metodo dei potenziali di nodo. Metodo delle maglie. Pincipio di sovrapposizione degli effetti. Teorema di Tellegen. Teoremi di Thevenin e di Norton. Regimi transitori. Circuiti RC, LC, RLC. Stato iniziale dei componenti con memoria. Regimi sinusoidali. Legge di Ohm simbolica e concetto di impedenza. Leggi di Kirkhhoff simboliche. Studio di circuiti in regime sinusoidale mediante il metodo simbolico. Potenza in regime sinusoidale. Rifasamento. Sistemi trifase. Utilizzatori a stella ed a triangolo. Utilizzatori equilibrati e squilibrati. Potenza assorbita da un utilizzatore trifase. Trifase con neutro.

Macchine elettriche

Generalità. Circuiti magnetici. Legge di Hopkinson. Fenomeni di perdita nelle macchine elettriche.

Il trasformatore. Principio di funzionamento. Ipotesi di campo. Equazioni interne ed esterne. Circuiti equivalenti. Funzionamento a vuoto ed in corto circuito. Misura del rendimento.

Campo magnetico rotante

Macchine asincrone. Principio di funzionamento. Equazione interne ed esterne. Teorema di equivalenza. Caratteristica meccanica ed elettromeccanica.
Macchine sincrone. Principio di funzionamento. Equazione interne ed esterne.
Macchine a corrente continua. Principio di funzionamento. F.e.m. indotta alle spazzole. Reazione d'armatura. Commutazione. Caratteristica meccanica ed elettromeccanica. Dinamo.

Impianti elettrici. Generalità sugli impianti elettrici e loro costituzione. Cenni sulle centrali elettriche e sulle fonti energetiche.

ELETTROTECNICA LA

Docente: **Fiorenzo Filippetti** prof. ass. **BO, cds: L**

L'insegnamento ha essenzialmente carattere formativo e di base per gli studi di Ingegneria. La materia di insegnamemto è suddivisa in tre capitoli: Elettromagnetismo, Teoria dei Circuiti, Macchine Elettriche.

Elettromagnetismo

Grandezze ed equazioni del campo elettromagnetico - Elettrostatica: definizioni ed equazioni, regime elettrostatico dei conduttori e degli isolanti, schermi elettrostatici, condensatori - Elettromagnetismo stazionario: definizioni ed equazioni, ricerca del campo magnetico nel caso generale, potenziale vettore, magneti permanenti.

Teoria dei Circuiti

Elemento circuitale e circuito elettrico, leggi di Kirchhoff e leggi descrittive degli elementi, il resistore, il condensatore e l'induttore ideale, i generatori indipendenti ed i generatori ideali - Teoria dei grafi: insiemi di taglio fondamentali e maglie fondamentali, equazioni topologiche - Metodi di analisi dei circuiti: metodo generale d'analisi, metodo di eliminazione delle tensioni, metodo delle maglie, metodo dei tagli e metodo dei nodi, principio di sovrapposizione degli effetti - Funzione di trasferimento, teorema di Thèvenin, teorema di Norton e teorema di Millman - Teorema di Tellegen ed addittività delle potenze - Circuiti magnetici, coefficienti di auto e mutua induzione - Circuiti elettrici in regime variabile, analisi del transitorio dei circuiti, analisi dei circuiti con la trasformata di Laplace - Il regime sinusoidale: metodo dei fasori, risonanza ed antirisonanza, potenze attiva e reattiva, il rifasamento di un bipolo - Cenni sulla stabilità delle reti, risposta di rete per diversi tipi di ingresso - Sistemi trifase.

Macchine Elettriche

Il trasformatore - Metodologie generali per lo studio di macchine rotanti, il campo rotante - La macchina asincrona - Macchine a collettore - Cenni sulle macchine sincrone.

Testi consigliati:

C.K. Alexander, M.N.O. Sadiku, *Circuiti elettrici*, Ed. Mc-Graw Hill.
C.A. Desoer, E.S. Kuh, *Fondamenti di teoria dei circuiti*, Ed. Angeli, Milano.
L.O. Chua, C.A. Desoer, E.S. Kuh, *Circuiti lineari e non lineari*, Jackson libri, Milano.
V. Daniele, R. Graglia, A. Liberatore, S. Manetti, *Elettrotecnica*, Ed. Monduzzi, Bologna.
F. Ciampolini, *Elettrotecnica generale*, Ed. Pitagora, Bologna.

M. MARTELLI, Dispense redatte a cura del Docente.
P.R. GHIGI, M. MARTELLI, F. MASTRI, *Esercizi di Elettrotecnica*, Ed. Esculapio, Bologna.

Esame: scritto e/o orale.

ELETTROTECNICA LA

Docenti: **Pier Luigi Ribani** prof. ass. — **BO, cds: I (M-Z)**
Massimo Fabbri prof. ass. — **BO, cds: I (A-L)**

Teoria dei circuiti. Leggi di Kirchhoff e caratteristiche degli elementi, resistore, condensatore, induttore, generatori di tensione e corrente indipendenti e controllati, trasformatore ideale. Teorema di Tellegen ed additività delle potenze. Grafo di un circuito, albero e coalbero, insiemi di taglio fondamentali e maglie fondamentali. Metodi di analisi dei circuiti (Tableau, eliminazione delle tensioni di nodo, correnti di maglia, tensioni di nodo). Principali teoremi sulle reti lineari (Principio di sovrapposizione degli effetti, Thevenin, Norton e Millman). Circuiti elettrici in regime variabile, analisi del transitorio dei circuiti, cenni sulla stabilità. Circuiti elettrici in regime sinusoidale: metodo simbolico, risonanza ed antirisonanza, potenze attiva e reattiva, rifasamento. Sistemi trifase: tensioni concatenate, tensioni principali di fase, correnti di linea, sistemi simmetrici e equilibrati, carichi a stella e a triangolo.

Macchine elettriche. Il trasformatore reale: principio di funzionamento, caratteristiche costruttive, fenomeni di perdita e circuito elettrico equivalente.

Modalità di esame:
Scritto e/o orale

Testi consigliati:

L.O. CHUA, C.A. DESOER, E.S. KUH, "Circuiti lineari e non lineari", Ed. Jackson.
C.A. DESOER, E.S. KUH, "Fondamenti di Teoria dei circuiti", Ed. Franco Angeli.
C.K. ALEXANDER, M.N.O. SADIKU, "Circuiti elettrici", Ed. McGraw-Hill

ENERGETICA E SISTEMI NUCLEARI — BO, cds: N

Docente: **Ruben Angelo Ugo Scardovelli** prof. ass.

Programma

Analisi dei fabbisogni di energia elettrica e termica. Le fonti di energia convenzionale (carbone, petrolio, gas, idroelettricità). L'energia nucleare. Le fonti di energia integrativa.

Energia geotermica: acquifero e copertura; gradiente e campi geotermici; impianti geotermoelettrici a vapore dominante, ad acqua dominante; rocce calde secche; sistemi ibridi. Utilizzazione di fluidi geotermici a bassa entalpia, applicazioni nella industria, nell'agricoltura e nel settore civile.

Energia solare: radiazione solare su superfici inclinate; utilizzazioni termiche; collettori (piani e parabolici) e calcolo del rendimento; accumulo termico; sistemi passivi; impianti solari termici ad aria e ad acqua per uso industriale, agricolo e civile.

Conversione elettrica della energia solare; centrali solari a eliostati e ciclo di Rankine; conversione fotovoltaica, tencologia delle celle solari; rendimento delle celle ed effetto della temperatura; applicazioni di pannelli fotovoltaici.

Energia eolica: disponibilità di energia del vento; analisi dei siti eolici; distribuzione probabilistica di Raiyleigh e Weibull; rendimento teorico di Betz; aeromotori e aerogeneratori di piccola, media e grande taglia; impianti eolici.

Energia marina: impianti OTEC; utilizzazione delle maree per la produzione di energia elettrica; energia disponibile dal moto ondoso; potenzialità di applicazioni nel Mare Adriatico; schemi di impianto.

Energia dai rifiuti: produzione ed utilizzazione dei rifiuti; inceneritori; produzione di combustibili; biogas, compost.

Teleriscaldamento: distribuzione di acqua calda in reti di condotte; ottimizzazione dei percorsi e del diametro delle tubazioni; valvole e coibentazione; configurazione e tipologia delle reti di teleriscaldamento. Cogenerazione.

Reattori nucleari innovativi: reattori a sicurezza intrinseca e passiva, reattori a fusione.

Effetti sanitari ed ambientali connessi alla produzione di energia.

ESTIMO **BO, cds: D**

Docente: **Guido Pongiluppi** prof. inc.

L'Insegnamento si propone di fornire, date le necessarie premesse di istituzioni di economia, i principi generali della disciplina estimativa, approfondendo le tematiche applicate all'*estimo civile ed urbano*, industriale ed ambientale. Mediante lezioni iniziali di matematica finanziaria, propedeutiche ad un'analisi quantitativa degli elementi conoscitivi, il corso perviene allo sviluppo delle tematiche qualitative relative al giudizio di stima, applicate a quesiti estimatici concreti. Sono, inoltre, previste lezioni sull'esercizio professionale.

L'insegnamento viene integrato da esercitazioni svolte in aula.

Parte I - ISTITUZIONI DI ECONOMIA

Parte prima: Inquadramento generale

Natura e metodi della scienza economica: Che cos'è l'economia politica?; Economia politica e scienze naturali: un problema epistemologico; Economia politica e analisi economica: l'uso dei modelli nell'economia; I giudizi di valore in economia; etica ed economia.

Cenni sull'evoluzione del pensiero economico: Il pensiero antico; L'economica classica; Marxismo; Marginalismo; Teoria Keynesiana; Il neo liberismo.

Parte seconda: Problemi di microeconomia

Teoria della domanda: La teoria del consumatore; La domanda di mercato; Sviluppi recenti nella teoria della domanda di mercato; La domanda per il prodotto di un'impresa.

Teoria della produzione: La funzione di produzione per un singolo prodotto; Le leggi della produzione; Progresso tecnico e funzione della produzione; Equilibrio dell'impresa (problemi di ottimizzazione delle combinazioni di fattori produttivi); Derivazione delle funzioni di costo dalla funzione di produzione.

Teoria dei costi di produzione: Alcune considerazioni generali; La teoria neoclassica dei costi di produzione; Teorie moderne dei costi di produzione; Le curve ingegneristiche di costo; Analisi

delle economie di scala; Evidenze empiriche; Curve dei costi e processi decisionali.

Teoria dell'impresa: Concorrenza perfetta: Considerazioni generali; Equilibrio di breve periodo; Equilibrio di lungo periodo; Equilibrio settoriale e cambiamenti dinamici; Monopolio: Considerazioni generali; Domanda e ricavo; Costi; Equilibrio del monopolista; Oligopolio; Oligopolio non collusivo; Oligopolio collusivo; I cartelli; La leadership di prezzo; Critica alla teoria neoclassica dell'impresa: la controversia marginalista e teoria dell'impresa manageriale.

Teoria dell'equilibrio economico generale. Le indipendenze nel sistema economico; Analisi walrasiana; Esistenza; unicità e stabilità dell'equilibrio; Le interdipendenze settoriali; Input-Output Analysis di Leontieff.

Testi consigliati:

Costituisce testo fondamentale per l'acquisizione delle problematiche presentate nel corso:
T. Cozzi, S. Zamagni, *Economia Politica*, Il Mulino, Bologna, ultima edizione, Capitoli 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.
A lezione verranno suggerite eventuali letture integrative e di approfondimento.

Parte II - Principi di matematica finanziaria

Interesse semplice, montante semplice, sconto semplice. Interesse composto, montante composto sconto composto. Annualità costanti: accumulazione finale ed iniziale. Annualità costanti illimitate: capitalizzazione. Saggio di interesse e saggio di capitalizzazione.

Redditi transitori e permanenti. Quote di reintegrazione e di ammortamento. Operazioni su valori differiti nel tempo. Rendita perpetua e rendita vitalizia.

Estimo generale

Concetti generali. La previsionalità dell'estimo. Principio dell'ordinarietà ed imprenditore ordinario. Unicità del mondo di stima (comparazione). Scopo della stima: tempo, luogo ed aspetto economico. Criteri di stima: valore di mercato, di costo, di trasformazione, complementare, di surrogazione. Procedimento diretto o sintetico: stima per confronto-diretto (parametri tecnici o economici), a vista, storica, per valori tipici. Procedimento indiretto o analitico. Determinazione del reddito: reddito netto e beneficio fondiario. Determinazione del saggio di capitalizzazione: influenze ascendenti e discendenti. Valore ordinario e valore reale: aggiunte e detrazioni.

Principi di estimo urbano

Valore di mercato dei fabbricati urbani: procedimento sintetico ed analitico. La formazione del prezzo delle aree e la rendita edilizia urbana. Aree urbanizzabili, urbanizzate, edificate ed edificabili. Stima di un'area urbanizzabile. Stima di un'area edificabile. Costo di produzione nell'attività edilizia. Stima delle opere e dei servizi urbani. Stima dei costi delle opere di urbanizzazione. Valore complementare nell'estimo urbano. Valore di trasformazione nell'estimo urbano. Valore di costo di un'area urbana: stima delle opere e dei servizi urbani. Stime cauzionali.

Principi di estimo industriale

Stima delle aree fabbricabili industriali. Valore di mercato dei fabbricati industriali. Valore di trasformazione (siti e cementi). Stima delle cave e delle torbiere.

Valutazioni a norme convenzionali: espropriazioni p.u.

Principi generali. Indennità secondo la legge fondamentale n. 2359/1865. Espropriazione ed

occupazioni. Indennità secondo la legge di Napoli n. 2892/1885. Indennità secondo la legge ferroviaria n. 49/1907. Indennità secondo i disposti combinati dalle leggi n. 865/1971 (legge per la casa) e n. 10/1997 (Bucalossi). Sentenze di incostituzionalità. Situazione attuale della legislazione.

Stima dei diritti reali

a) Servitù prediali coattive. Generalità. Passaggio coattivo. Acquedotto coattivo. Elettrodotto coattivo. Valutazione degli immobili gravati da servitù. Servitù militari.

b) Usufrutto, uso e abitazione. Generalità. Valore del diritto dell'usufruttuario. Valore della nuda proprietà. Uso e abitazione.

Stime ambientali

Principi generali. Sulle cave e torbiere. Stima delle acque. Stima dei danni: danni dovuti all'inquinamento. Stima dei danni ambientali.

Stima dei nuovi estimi

Valutazione dei beni ambientali: metodi diretti ed indiretti. Valutazione costi-benefici. Indicatori di redditività, criteri di confronto, determinazione saggio di attualizzazione. Valutazione d'impatto ambientale. Generalità e legislazione vigente. Modelli di analisi e metodi di valutazione. Stima della dimensione economica. Valutazioni quanti-qualitative. Metodo multicriteri.

Il perito nel processo: l'arbitrato

Generalità. Consulente tecnico di parte. Consulente tecnico d'ufficio (CTU). Giudice e perito. L'arbitrato.

Catasto

Principi generali. Nuovo Catasto terreni (NCT) e Nuovo Catasto Edilizio Urbano (NCEU). Funzioni ed adempimenti fondamentali. Formazione, pubblicazione, attivazione e conservazione. La meccanizzazione del catasto. L'utilizzazione dei documenti catastali. Redditi catastali.

Appalto e contabilità dei lavori

Nozioni di appalto. Tipi e modalità di appalto. Capitolato generale e capitolato speciale. Il cantiere: figure professionali e competenze. Contabilità dei lavori: generalità. Perizie di variante, nuovi prezzi, atto di sottomissione. Documenti contabili.

Contenuti e modalità di svolgimento dell'esame

L'esame è costituito da una prova scritta obbligatoria, variamente articolata su domande afferenti applicazioni di matematica finanziaria e quesiti sugli argomenti sviluppati nel corso, e da una prova orale finale.

Nel corso dell'anno è data la facoltà, agli studenti frequentanti nell'anno accademico 1995/96, di sostenere due prove scritte su argomenti trattati nelle lezioni. Il superamento di entrambe le prove consente l'immediata possibilità di sostenere la prova orale.

Testi consigliati:

a) C. Forte, B. De' Rossi, *Principi di economia ed estimo*, Etaslibri, Milano, 1992.
b) G. Pongiluppi, *Diritti ed espropriazioni nelle procedure estimative*, Ed. progetto Leonardo, Bologna, 1995.

c) I. MICHIELI, *Trattato di Estimo*, Edagricole, Bologna, 1993 segg., solo per quanto attiene alla teoria di matematica finanziaria.
d) M. GRILLENZONI, G. GRITTANI, *Estimo, teoria, procedure di valutazione e casi applicativi*, Ed. Agricole Bologna, 2a ed., 1995.
e) M. OREFICE, *Estimo civile*, vol. secondo, Utet, Torino, 1995.
f) A. REALFONZO, *Teoria e metodo dell'estimo urbano*, Nuova Italia Scientifica, Roma, 1994.

Tesi di laurea

Le tesi sono a carattere sperimentale, con riferimento a casi pratici, afferenti gli ambiti civile, urbano, industriale ed ambientale, e sviluppati a livello tecnico-economico-estimativo.

FISICA GENERALE L **CE, cds: dud**

Docente: **Gilio Cambi** ric.

I - Calcolo Vettoriale

Grandezze scalari e vettoriali. Rappresentazione vettoriale. Vettori uguali ed opposti. Operazioni con i vettori: somma, differenza, prodotto di uno scalare per un vettore, prodotto scalare, vettoriale e misto. Rappresentazione cartesiana dei vettori. Operazioni fra vettori espressi in forma cartesiana. Derivazione di vettori e versori. Vettori applicati. Momento polare ed assiale di un vettore applicato.

II - Meccanica

Grandezze fisiche e sistemi di unità di misura. Sistema Internazionale (S.I.)

II A. Cinematica.

Concetto di punto materiale. Moto di un punto materiale. Equazione vettoriale del moto. Vettori posizione, spostamento, velocità ed accelerazione (media ed istantanea). Sistema di ascisse curvilinee. Equazione oraria del moto ed equazione della traiettoria, componenti intrinseche di velocità ed accelerazione. Moti rettilinei e moti piani: moto rettilineo uniforme e uniformemente accelerato, moto armonico semplice, moto circolare, moto dei proiettili. Moto relativo: cenni (velocità ed accelerazione nel moto relativo, accelerazione di trascinamento e di Coriolis).

II B. Dinamica del punto materiale.

Concetto di forza, misura statica delle forze, dinamometro. Natura vettoriale delle forze. Condizione per l'equilibrio di un punto materiale. Il primo principio della dinamica, esperimenti di Galileo, sistemi di riferimento inerziali. Il secondo principio della dinamica. Reazioni vincolari: vincoli lisci e scabri (forze d'attrito statico e dinamico). Forza peso, forza gravitazionale, forza elastica. Moto di un punto vincolato su di una linea. Pendolo semplice. Forze reali ed apparenti (cenni).

II C. Lavoro ed energia.

Concetto di lavoro e sua espressione in generale. Teorema delle forze vive. Campi di forza conservativi ed energia potenziale. Teorema di conservazione dell'energia meccanica. Potenza. Lavoro delle forze non conservative.

II D. Dinamica dei sistemi.

Sistemi isolati, forze interne ed esterne. Quantità di moto. Il terzo principio della dinamica:

principio di azione e reazione ed enunciato conservativo. Impulso. Teorema dell'impulso e della quantità di moto. Semplici problemi d'urto. Risultante delle forze agenti su un sistema n di punti materiali e quantità di moto totale del sistema. Momento risultante polare delle forze agenti su un sistema di n punti materiali e momento angolare. Centro di massa di un sistema di n punti materiali e sue proprietà. Equazioni cardinali. Dinamica dei sistemi rigidi (impostazione del problema). Corpo rigido in rotazione attorno ad un asse fisso. Momento angolare di un sistema rigido con asse fisso rispetto all'asse di rotazione, momento di inerzia.

Testi consigliati:

S. FOCARDI, I. MASSA, A. UGUZZONI: *Fisica Generale*, Casa Editrice Ambrosiana Milano.
A. BERTIN, M. POLI, A. VITALE: *Fondamenti di meccanica*, Ed. Esculapio - Progetto Leonardo.
P. MAZZOLDI, M. NIGRO, C. VOCI, *Fisica* (Volume 1), SES Napoli.
D. HALLIDAY, R. RESNICK, *Fisica I*, Casa Editrice Ambrosiana Milano.
S. ROSATI, *Fisica Generale 1*, Casa Editrice Ambrosiana Milano.

Testi di esercizi

M. BRUNO, M. D'AGOSTINO, M.L. FIANDRI, *Esercizi di fisica 1*, CLUEB, Bologna.
S. FOCARDI, *Problemi di Fisica Generale*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

Modalità di esame
L'esame prevede una prova scritta ed un colloquio orale

FISICA GENERALE LA **BO, cds: R,Q**
Docente: **Antonio Zoccoli** prof. ass.

Finalità dell'insegnamento
Maturazione di concetti basilari della Meccanica (con particolare riguardo alla Dinamica del punto materiale) e loro trattazione col linguaggio dell'analisi matematica, del calcolo vettoriale e integrale. Acquisizione della metodologia scientifico - tecnica necessaria per affrontare in termini quantitativi i problemi di fisica.

Programma
Elementi di calcolo vettoriale
Cinematica.- Punto materiale e sistemi di riferimento. Vettore di posizione, velocità, e accelerazione. Moti rettilinei vari. Moto circolare uniforme. Moto armonico semplice e smorzato. Applicazioni alla cinematica dei sistemi di punti materiali: la formula fondamentale della cinematica del corpo rigido. Velocità angolare. Cinematica dei moti relativi: trasformazione di spostamenti, velocità e accelerazioni.
Dinamica.- Forze e reazioni vincolari, misura statica di una forza. Cenni di statica (equazioni cardinali, baricentro) e sui fenomeni di attrito.
Primo e secondo principio della dinamica. Massa inerziale. Impulso e quantità di moto. Legge di Newton sulla gravitazione universale. Il problema fondamentale della dinamica. Sistemi isolati. Il terzo principio della dinamica. Applicazioni alla dinamica dei sistemi di punti materiali: conservazione della quantità di moto e del momento della quantità di moto. Problemi d'urto. Le equazioni cardinali della dinamica. Centro di massa e sue proprietà. Momenti d'inerzia. Teorema di Huygens-Steiner. Inerzia di rotazione.

Lavoro ed energia.- Lavoro di una forza e di sistemi di forze. Il teorema delle forze vive. Il Teorema di Koenig. Proprietà dell'energia cinetica. Lavoro compiuto dalla forza peso. Forze posizionali e conservative. Condizioni perché un campo di forza sia conservativo. Potenziali ed energie potenziali. Conservazione dell'energia meccanica. I diversi tipi di equilibrio.

Ulteriori informazioni

L'insegnamento presuppone acquisiti da parte dello studente gli elementi basilari della trigonometria, della geometria elementare e dell'analisi matematica (quali i processi di derivazione, di integrazione e di limite di funzioni di una o più variabili).

Una parte delle lezioni è dedicata alla discussione di quesiti e esercizi di meccanica.

L'esame consiste in una prova scritta e in una eventuale successiva prova orale.

Testi consigliati

A. BERTIN, M. POLI, A. VITALE, *Fondamenti di Meccanica*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

A. BERTIN. S. DE CASTRO, N. SEMPRINI CESARI, A. VITALE, A. ZOCCOLI, *Problemi d'esame di Fisica Generale*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

FISICA GENERALE LA **BO, cds: G(L-Z), P(L-Z)**

Docente: **Mauro Bruno** prof. ass.

Finalità dell'insegnamento

Maturazione di concetti basilari della Fisica Generale (con particolare riguardo alla Meccanica del punto) e loro trattazione col linguaggio dell'analisi matematica, del calcolo vettoriale e integrale. Acquisizione della metodologia scientifico-tecnica necessaria per affrontare in termini quantitativi i problemi di fisica.

Programma

Introduzione Metodo scientifico. Concetti di spazio, tempo e misura. Definizioni operative di grandezze fisiche. Cenni su misure ed errori di misura.

Elementi di calcolo vettoriale Rappresentazione grafica. Versori. Operazioni fra vettori: somma, differenza, prodotto per uno scalare, prodotto scalare, prodotto vettoriale, prodotto misto, doppio prodotto vettoriale. Rappresentazione cartesiana dei vettori. Trasformazione di vettori. Momenti di un vettore. Derivate ed integrali di vettori. Operatori vettoriali: gradiente, divergenza, rotazionale.

Dinamica del punto materiale Punto materiale. Sistemi di riferimento. Rappresentazione del moto. Spostamento, velocità, accelerazione. Problema diretto ed inverso. Forze. Vincoli. Primo principio della dinamica. Sistemi inerziali. Secondo principio della dinamica. Classificazione dei moti. Moti rettilinei: moto rettilineo uniforme, moto uniformemente accelerato, moto armonico, moto armonico smorzato. Moto piano. Moto centrale.

Lavoro ed energia Definizioni. Teroema delle forze vive. Forze conservative ed energia potenziale. Conservazione dell'energia meccanica. Teorema dell'impulso e della quantità di moto. Teorema del momento dell'impulso e del momento della quantità di moto.

Elementi di dinamica di sistemi di punti Terzo principio della dinamica. Equazioni cardinali. Centro di massa. Momento d'inerzia

Ulteriori informazioni

L'insegnamento presuppone acquisiti da parte dello studente gli elementi basilari della trigonometria, della geometria elementare e dell'analisi matematica (quali i processi di derivazione, di integrazione e di limite di funzioni di una o più variabili).

Una parte delle lezioni è dedicata alla discussione di quesiti e esercizi di meccanica.

L'esame consiste in una prova scritta e in una successiva prova orale.

Testi consigliati

S. FOCARDI, I. MASSA, A. UGUZZONI, *Fisica generale. Meccanica e Termodinamica*, Casa editrice Ambrosiana.

M. ALONSO, E. J. FINN, *Fisica*, vol. 1, casa editrice Masson.

P. VERONESI, E. FUSCHINI, *Fondamenti di meccanica classica*, Cooperativa Libraria Universitaria editrice.

M. BRUNO, M. D'AGOSTINO, M.L. FIANDRI, *Esercizi di Fisica I*, Cooperativa Libraria Universitaria editrice.

G. M. SALANDIN, P. PAVAN, *Problemi di Fisica*, Vol. 1, Casa editrice Ambrosiana.

FISICA GENERALE LA **BO, cds: G (A-K), P(A-K)**

Docente: **Antonio Bertin** prof. ord

Finalità dell'insegnamento

Maturazione di concetti basilari della Fisica Generale (con particolare riguardo alla Meccanica del punto) e loro trattazione col linguaggio dell'analisi matematica, del calcolo vettoriale e integrale. Acquisizione della metodologia scientifico - tecnica necessaria per affrontare in termini quantitativi i problemi di fisica.

Programma

Elementi di calcolo vettoriale

Cinematica.- Punto materiale e sistemi di riferimento. Vettore di posizione, velocità, e accelerazione. Moti rettilinei vari. Moto circolare uniforme. Moto armonico semplice e smorzato. Applicazioni alla cinematica dei sistemi di punti materiali: la formula fondamentale della cinematica del corpo rigido. Velocità angolare. Cinematica dei moti relativi: trasformazione di spostamenti, velocità e accelerazioni.

Dinamica.- Forze e reazioni vincolari, misura statica di una forza. Cenni di statica (equazioni cardinali, baricentro) e sui fenomeni di attrito.

Primo e secondo principio della dinamica. Massa inerziale. Impulso e quantità di moto. Legge di Newton sulla gravitazione universale. Il problema fondamentale della dinamica. Sistemi isolati. Il terzo principio della dinamica. Applicazioni alla dinamica dei sistemi di punti materiali: conservazione della quantità di moto e del momento della quantità di moto. Problemi d'urto. Le equazioni cardinali della dinamica. Centro di massa e sue proprietà. Momenti d'inerzia. Teorema di Huygens-Steiner. Inerzia di rotazione.

Lavoro ed energia.- Lavoro di una forza e di sistemi di forze. Il teorema delle forze vive. Il Teorema di Koenig. Proprietà dell'energia cinetica. Lavoro compiuto dalla forza peso. Forze posizionali e conservative. Condizioni perché un campo di forza sia conservativo. Potenziali ed energie potenziali. Conservazione dell'energia meccanica. I diversi tipi di equilibrio.

Ulteriori informazioni

L'insegnamento presuppone acquisiti da parte dello studente gli elementi basilari della trigonometria, della geometria elementare e dell'analisi matematica (quali i processi di derivazione, di integrazione e di limite di funzioni di una o più variabili).

Una parte delle lezioni è dedicata alla discussione di quesiti e esercizi di meccanica.

L'esame consiste in una prova scritta e in una successiva prova orale.

Testi consigliati

A. BERTIN, M. POLI, A. VITALE, *Fondamenti di Meccanica*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

A. BERTIN. S. DE CASTRO, N. SEMPRINI CESARI, A. VITALE, A. ZOCCOLI, *Problemi d'esame di Fisica Generale*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

FISICA GENERALE LA **BO, cds: T, E**

Docente: **Gianni Vannini** prof. ord.

IL METODO SCIENTIFICO. Scienza e conoscenza. Il significato delle misure. Le grandezze fisiche. Il metodo sperimentale. La costruzione delle teorie. Unità di misura e sistemi di unità. Gli errori di misura.

LE GRANDEZZE VETTORIALI. Vettori e scalari. Versori. Somma, differenza e scomposizione di vettori. Moltiplicazione di vettori. Rappresentazione cartesiana dei vettori. Vettori applicati. Momenti dei vettori. I vettori e le leggi fisiche.

IL MOTO DEI CORPI DAL PUNTO DI VISTA CINEMATICO. Lo spazio e il tempo. Il moto e i sistemi di riferimento. Concetto di punto materiale e le rappresentazioni del suo moto. Spostamento, velocità e accelerazione del punto materiale. Velocità e accelerazione areolari. Le componenti intrinseche dell'accelerazione.

– Il problema diretto e il problema inverso della cinematica. Studio di moti rettilinei. Il moto armonico semplice e smorzato. Composizione di moti armonici. Il teorema di Fourier e la scomposizione in moti armonici. Studio di moti piani in coordinate cartesiane e in coordinate polari.

– Definizione di sistema rigido. Moti di traslazione, di rotazione e di rototraslazione di un corpo rigido. Il moto relativo: velocità relativa e di trascinamento, accelerazioni relativa, di trascinamento e di Coriolis.

CENNI SULLE ONDE IN UNA DIMENSIONE. Definizione di onda. Descrizione matematica di un'onda che si propaga in una dimensione. Il principio di sovrapposizione. Le onde armoniche. La somma di due onde armoniche e il fenomeno della interferenza. L'equazione generale delle onde.

LA DINAMICA. La ricerca delle cause che generano il moto dei corpi. Definizione di forza. Le forze fondamentali.

– L'assenza di forze e il principio di inerzia. L'inerzia, i sistemi inerziali e il primo principio della dinamica. La massa inerziale.

– Il secondo principio della dinamica. Il moto nei sistemi non inerziali e le forze di inerzia. Dinamica del punto materiale: quantità di moto e momento angolare; moti centrali; il pendolo matematico.

– Studio del moto dei sistemi di punti: il concetto di interazione; il terzo principio della dinamica nell'enunciazione di Newton. Enunciato conservativo del terzo principio della dinamica. Le interazioni fondamentali in natura.

– L'interazione gravitazionale: Newton e la prima unificazione delle forze; la massa gravitazionale e la massa inerziale. Il moto dei pianeti.

Cenni sulle interazioni elettromagnetica, debole e forte e sulla loro unificazione.

– Le equazioni cardinali della meccanica e le condizioni necessarie e sufficienti per descrivere il moto dei sistemi meccanici.

– Il centro di massa. I tre teoremi del centro di massa.

– La dinamica dei sistemi rigidi. Il momento di inerzia. Il teorema di Huyghens-Steiner. Moto di un corpo rigido con un asse fisso. Il pendolo fisico.

– Lavoro ed energia: il lavoro fatto da una forza su un punto materiale. La potenza. Il concetto di energia. Relazione fra lavoro e moto. Il teorema delle forze vive e l'energia cinetica per un punto materiale. Il gradiente di un campo scalare. Il rotore di un campo vettoriale. Il flusso di un campo vettoriale, il teorema di Gauss e la divergenza. I campi a rotore nullo e il potenziale di un campo. I campi di forze conservativi e l'energia potenziale. il teorema della conservazione dell'energia meccanica. Il potenziale del campo di forze gravitazionale.

– Il lavoro per un sistema di punti. Espressione del lavoro per un sistema di punti rigido. Energia cinetica per sistemi di punti. Teorema di Koenig. Espressione dell'energia cinetica per un sistema rigido. L'energia potenziale per i sistemi di punti. Teorema della conservazione dell'energia per i sistemi. I sistemi di punti materiali in presenza di forze conservative e non conservative: il principio di conservazione dell'energia.

Testi consigliati

S. Focardi, I. Massa, A. Uguzzoni, *Fisica I* (volume primo), Pitagora Editrice.
Resnick, Halliday e Krane, *Fisica*, Casa Ed. Ambrosiana.
Serway, *Fisica per scienze e Ingegneria*, SES.
A. Bettini, *Meccanica e Termodinamica*, Decibel - Zanichelli.
D.C. Giancoli, *Fisica 1*, Casa Ed. Ambrosiana.
M. Alonso e E.J. Finn, *Elememti di Fisica per l'Università*, Vol.1, Zanichelli.
P. Veronesi e E. Fuschini, *Fondamenti di meccanica classica*, Cooperativa Libraria Universitaria, Bologna.
P. Mazzoldi, M. Nigro e C. Voci, *Fisica*, SES.
G. Bernardini, *Fisica Sperimentale*, Veschi.

FISICA GENERALE LA **BO, cds: M (A-L)**

Docente: **Antonio Vitale** prof. ord.

Finalità dell'insegnamento

Maturazione di concetti basilari della Fisica Generale (con particolare riguardo alla Meccanica del punto) e loro trattazione col linguaggio dell'analisi matematica, del calcolo vettoriale e integrale. Acquisizione della metodologia scientifico - tecnica necessaria per affrontare in termini quantitativi i problemi di fisica.

Programma

Elementi di calcolo vettoriale

Cinematica.- Punto materiale e sistemi di riferimento. Vettore di posizione, velocità, e accelerazione. Moti rettilinei vari. Moto circolare uniforme. Moto armonico semplice e smorzato. Applicazioni alla cinematica dei sistemi di punti materiali: la formula fondamentale della cinematica del corpo rigido. Velocità angolare. Cinematica dei moti relativi: trasformazione di spostamenti,

velocità e accelerazioni.

Dinamica.- Forze e reazioni vincolari, misura statica di una forza. Cenni di statica (equazioni cardinali, baricentro) e sui fenomeni di attrito.

Primo e secondo principio della dinamica. Massa inerziale. Impulso e quantità di moto. Legge di Newton sulla gravitazione universale. Il problema fondamentale della dinamica. Sistemi isolati. Il terzo principio della dinamica. Applicazioni alla dinamica dei sistemi di punti materiali: conservazione della quantità di moto e del momento della quantità di moto. Problemi d'urto. Le equazioni cardinali della dinamica. Centro di massa e sue proprietà. Momenti d'inerzia. Teorema di Huygens-Steiner. Inerzia di rotazione.

Lavoro ed energia.- Lavoro di una forza e di sistemi di forze. Il teorema delle forze vive. Il Teorema di Koenig. Proprietà dell'energia cinetica. Lavoro compiuto dalla forza peso. Forze posizionali e conservative. Condizioni perché un campo di forza sia conservativo. Potenziali ed energie potenziali. Conservazione dell'energia meccanica. I diversi tipi di equilibrio.

Ulteriori informazioni

L'insegnamento presuppone acquisiti da parte dello studente gli elementi basilari della trigonometria, della geometria elementare e dell'analisi matematica (quali i processi di derivazione, di integrazione e di limite di funzioni di una o più variabili).

Una parte delle lezioni è dedicata alla discussione di quesiti e esercizi di meccanica.

L'esame consiste in una prova scritta e in una successiva prova orale.

Testi consigliati

A. Bertin, M. Poli, A. Vitale, *Fondamenti di Meccanica*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

A. Bertin. S. De Castro, N. Semprini Cesari, A. Vitale, A. Zoccoli, *Problemi d'esame di Fisica Generale*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

FISICA GENERALE LA **BO, cds: I (A-L), U**

Docente: **Nicola Semprini Cesari** prof. ass.

Elementi di Algebra Vettoriale. Grandezze scalari e vettoriali. Definizione geometrica di vettore. Definizione geometrica delle operazioni di somma di vettori, differenza di vettori, moltiplicazione di un vettore per uno scalare, prodotto scalare, prodotto vettoriale. Terne cartesiane ortogonali, versori cartesiani, rappresentazione cartesiana dei vettori. Le operazioni tra vettori nella rappresentazione cartesiana. Terne ortogonali locali, coordinate cilindriche.

Cinematica. Il punto materiale, la posizione ed il moto, sistemi di riferimento. Le unità di misura di spazio e tempo. Dimensione di una grandezza fisica, dimensioni fondamentali e derivate, sistema di unità di misura, i sistemi CGS ed MKS. La descrizione del moto, equazione vettoriale del moto, la separazione della equazione vettoriale in traiettoria e legge oraria, la descrizione intrinseca del moto. Definizione della velocità, unità di misura, rappresentazione nel sistema intrinseco, in coordinate cartesiane e cilindriche. Definizione della accelerazione, unità di misura, rappresentazione nel sistema intrinseco, in coordinate cartesiane e cilindriche. Moto rettilineo uniforme, rettilineo uniformemente accelerato, circolare uniforme. Cambiamento del riferimento, trasformazione della posizione, relazioni di Poisson, trasformazione della velocità, trasformazione della accelerazione.

La Forza Statica. La definizione operativa di forza, il dinamometro, la taratura del dinamometro, unità di misura della forza. Equilibrio del punto materiale, principio della statica del punto materiale, lo studio statico delle forze.

Dinamica del Punto Materiale. La estensione del principio della statica del punto materiale, il primo principio della dinamica, il secondo principio della dinamica, la massa inerziale, unità di misura della massa inerziale. Definizione dell'impulso e dell'impulso della forza, teorema dell'impulso. Definizione del momento di un vettore, teorema del momento della forza. Lo studio dinamico delle forze. Le forze inerziali, definizione operativa di sistema di riferimento inerziale. La forza di gravità, costante di gravitazione universale, il moto planetario e le leggi di keplero, la forza peso, la accelerazione di gravità. Il problema fondamentale della dinamica. Punto materiale vincolato, vincoli unilaterali e bilaterali, reazione vincolare e forza di attrito. La espressione delle forze inerziali. Il riferimento terrestre, deviazione della verticale locale, deviazione della caduta dei gravi. Il principio di relatività ristretta, invarianza dei principi della dinamica.

Lavoro ed Energia. Definizione del lavoro elementare di una forza, lavoro lungo un cammino finito, unità di misura del lavoro. Teorema delle forze vive, energia cinetica. Potenza di una forza, unità di misura. Definizione di forza conservativa, il potenziale della forza, relazione tra forza e potenziale, condizioni per la esitenza del potenziale. La conservazione della energia meccanica. Calcolo di alcuni potenziali, la forza peso, la forza di gravità, la forza elastica, la forza centrifuga.

Dinamica dei sistemi di punti materiali. Inadeguatezza della forza esterna, esame diretto di alcuni casi, il principio di azione e reazione, sistema di punti materiali, forze interne ed esterne al sistema, formulazione generale del principio di azione e reazione. Le equazioni cardinali della dinamica dei sistemi di punti materiali. Sistemi isolati, leggi di conservazione. Il centro di massa del sistema, impulso del sistema, espressione della prima equazione cardinale, espressione della seconda equazione cardinale nel sistema del centro di massa. Corpo rigido, momento angolare assiale del corpo rigido, momento di inerzia, calcolo del momento di inerzia, la seconda equazione cardinale per il corpo rigido rotante con asse fisso. Lavoro delle forze sul corpo rigido, espressione nel caso di un asse fisso, il potenziale della forza peso agente sul corpo rigido.

Testi consigliati

Fondamenti di Meccanica, BERTIN, POLI, VITALE, Edizioni Esculapio - Progetto Leonardo.
Problemi d'esame di Fisica generale, BERTIN, DE CASTRO, SEMPRINI-CESARI, VITALE, ZOCCOLI, Edizioni Esculapio - Progetto Leonardo.

FISICA GENERALE LA **BO, cds: I (L-Z)**
Docente: **Ettore Verondini** prof. ord.

1. Calcolo vettoriale

Definizioni. Operazioni con vettori. Sistemi di riferimento. Rappresentazione cartesiana. Vettori applicati. Campi vettoriale.

2. Cinematica

Punto materiale. Vettore posizione. Rappresentazioni del moto. Velocità e accelerazione. Problemi di cinematica del punto. Moti unidimensionali e bidimensionali. Cenni di cinematica dei corpi rigidi.

3. Dinamica

Concetto di forza. Misura statica delle forze. Natura vettoriale delle forze. Principio di inerzia. Secondo principio della dinamica. Problemi di dinamica del punto materiale. Il terzo principio della dinamica. Equazioni cardinali. Cenni alla dinamica dei sistemi rigidi: centro di massa; moto rotatorio assiale di un corpo rigido.

4. Lavoro ed energia

Concetto di lavoro. Teorema delle forze vive. Energia cinetica. Campi conservativi. Conservazione dell'energia meccanica. Cenni al sistema di due corpi: problemi d'urto.

5. Forze Inerziali

Il secondo principio della dinamica nei riferimenti non inerziali. Forze di trascinamento e di Coriolis. Il riferimento terrestre.

I seguenti libri contengono gli argomenti svolti nel corso:

M. ALONSO e E.J. FINN: *Elementi di Fisica per l'Università*, vol.1, Masson-Addison Wesley, Milano.
D. BLUM e D.E. ROLLER: *Fisica*, vol. 1, Zanichelli, Bologna.
R.A. SERWAY: *Fisica per scienze e ingegneria*, vol. 1, Società Editrice Scientifica, Napoli.
P.A.TIPLER: *Fisica*, vol. 1, Zanichelli, Bologna.
P.VERONESI e E.FUSCHINI: *Fondamenti di meccanica classica*, CLUEB, Bologna.
A.BERTIN, M.POLI e A.VITALE: *Fondamenti di meccanica*, Ed. Progetto Leonardo, Bologna (Società editrice Esculapio).
S.FOCARDI, I.G.MASSA, A.UGUZZONI: *Fisica generale*, Casa Editrice Ambrosiana.

Testi di Esercizi e Problemi

M. BRUNO, M. D'AGOSTINO, M.L. FIANDRI: *Esercizi di Fisica I*, CLUEB, Bologna.
S. FOCARDI: *Problemi di Fisica Generale*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

FISICA GENERALE LA **BO, cds: L**

Docente: **Arnaldo Uguzzoni** prof. ord.

1) Introduzione alla Fisica.

Il metodo scientifico, definizione operativa delle grandezze fisiche. Concetti di spazio e tempo. Sistemi di riferimento.

2) Elementi di calcolo vettoriale.

Definizione di vettore. Operazioni con vettori: somma , differenza, prodotti scalare, vettoriale e misto. I versori. Rappresentazione cartesiana dei vettori e leggi di trasformazione. Derivazione di vettori. La derivata di un versore. Integrazione di vettori. Vettori applicati. Momento di un vettore rispetto ad un punto.

3) Cinematica

Punto materiale. Posizione e sistema di riferimento: coordinate cartesiane, coordinate polari. Il moto del punto materiale: continuità del moto e traiettoria; equazioni parametriche della traiettoria, equazione oraria. Velocità vettoriale media e velocità istantanea. Accelerazione vettoriale. Componenti cartesiane, polari e intrinseche di velocità e accelerazione. Problemi di cinematica

del punto: problema diretto e problema inverso. Moti rettilinei e piani. Il moto armonico, il moto circolare, il moto parabolico dei proiettili. Moti centrali. Cenni di cinematica dei corpi rigidi. La relatività del moto: sistemi di riferimento in moto relativo; leggi di trasformazione delle velocità e delle accelerazioni.

4) Dinamica del punto materiale.

Concetto di forza. Forza peso. Misura statica delle forze. Natura vettoriale delle forze. Principio di inerzia. Sistemi di riferimento inerziali. Forza ed accelerazione. Massa inerziale e massa gravitazionale. Secondo principio della dinamica. Misura dinamica di forze. Le leggi delle forze: cenni alle interazioni fondamentali. Forze elastiche. Forze di attrito. Reazioni vincolari. Le forze newtoniane: principio di azione e reazione. Applicazioni dei principi della dinamica. Quantità di moto e momento angolare; impulso di una forza, suo momento e relativi teoremi. Il pendolo semplice. L'oscillatore armonico. Principio di relatività: leggi della meccanica newtoniana e trasformazioni di Galileo. Elementi di dinamica nei riferimenti non inerziali; forze inerziali: di trascinamento, centrifughe e di Coriolis. Lavoro di una forza. Energia cinetica di un punto materiale. Il teorema delle forze vive. Campi di forze conservativi: energia potenziale e conservazione dell'energia meccanica. Minimi dell'energia potenziale e stabilità dell'equilibrio (cenni). Forze non conservative ed energia meccanica. Leggi di Keplero e legge della gravitazione universale. Orbite circolari di pianeti e satelliti. Il problema dei due corpi. Moto in campi centrali: conservazione dell'energia e del momento angolare; potenziale efficace e caratteristiche del moto.

5) Elementi di dinamica dei sistemi di punti materiali.

Centro di massa e sue proprietà. Equazioni cardinali della dinamica dei sistemi. Terzo principio della dinamica e conservazione della quantità di moto totale e del momento angolare totale di un sistema isolato. Lavoro ed energia: energia cinetica, energia propria ed energia interna. Forze conservative ed energia meccanica dei sistemi. Teoremi di Koenig per l'energia cinetica. Il principio di conservazione dell'energia. Urti fra punti materiali e leggi di conservazione.

Testi consigliati:

Tutti gli argomenti del programma sono completamente trattati nel testo:
FOCARDI, MASSA, UGUZZONI, *Fisica Generale: Meccanica e Termodinamica* (CEA).

FISICA GENERALE LB **BO, cds: L**
Docente: **Ignazio G. Massa** prof. ord.

Atomi e molecole. Il campo elettrostatico nel vuoto. Legge di Coulomb. Conservazione e quantizzazione della carica. Dipolo e momento di dipolo elettrico. Calcolo di campi elettrostatici. Potenziale elettrostatico. Legge di Gauss. Potenziale del dipolo elettrico. Sviluppo in multipoli. Conduttori in equilibrio elettrostatico. Capacità. Connessioni di condensatori in serie e in parallelo. Schermo elettrostatico. Energia e densità di energia. Dielettrici e costante dielettrica relativa. Brevi elementi di elettrostatica nella materia. Correnti elettriche. Legge di Ohm: resistenza e resistività. Forze dissipative ed effetto Joule. Generatori di forza elettromotrice. Connessioni di resistenze in serie e in parallelo. Campo magnetico statico nel vuoto. Forza di Lorentz. Seconda legge di Laplace. Moto di particelle cariche in campi magnetici. Spira percorsa da corrente e momento di dipolo magnetico. Legge di Biot e Savart. Legge della circuitazione di Ampère. Calcoli di semplici campi di induzione magnetica. Brevi elementi di magnetismo nella materia. Forza elettromotrice indotta e leggi di Faraday e di Lenz. Induttanza. Energia del campo magnetico. Circuiti LR, LC, LCR. Corrente di spostamento. Equazioni di Maxwell.

FISICA GENERALE LB **BO, cds: R, Q, V**

Docente: **Antonio Zoccoli**, prof. ass.

Finalità dell'insegnamento

Maturazione di concetti basilari dell'Elettromagnetismo (con particolare riguardo alle leggi dell'elettromagnetismo nel vuoto) e loro trattazione col linguaggio dell'analisi matematica, del calcolo vettoriale e integrale. Acquisizione della metodologia scientifico - tecnica necessaria per affrontare in termini quantitativi i problemi di fisica.

Programma

Elettricità.

La legge di Coulomb. Definizione di campo elettrico e suoi aspetti vettoriali: linee di forza, sorgenti del campo, legge di Gauss in forma differenziale. Il campo elettrico come campo conservativo: il potenziale elettrostatico, la circuitazione e il rotore. Densità di energia elettrostatica associata al campo elettrico.

Legge di Coulomb, campo e potenziale elettrico, legge di Gauss per il campo elettrico. Teorema della divergenza e teorema di Stokes. Cariche soggette a campi elettrici. Densità di energia. Dipolo e momento di dipolo elettrico.

Induzione elettrostatica. Capacità. Resistenza e corrente elettrica. Equazione di continuità della corrente elettrica. Elementi di circuiti elettrici e legge di Ohm. Aspetti energetici dell'elettricità statica e dinamica.

Magnetismo.

Il vettore induzione magnetica. La forza di Lorentz. La legge di Gauss per il campo induzione magnetica. Dipolo e momento di dipolo magnetico. La prima e la seconda legge di Laplace. La legge di Ampère e la corrente concatenata. Il solenoide. L'induzione magnetica e la legge di Faraday-Neumann. L'autoinduzione. Il caso quasistazionario. La corrente di spostamento.

Elettromagnetismo.

Le equazioni di Maxwell. Cenni sulle onde elettromagnetiche e sugli aspetti energetici del campo elettromagnetico. Il vettore di Poynting.

Ulteriori informazioni

L'insegnamento presuppone familiarità con gli elementi basilari della trigonometria, della geometria elementare, dell'analisi matematica e dell'algebra vettoriale, nonché tematiche e concetti fisici già acquisiti in un corso universitario di Meccanica.

Una parte delle lezioni è dedicata alla discussione di quesiti e esercizi di elettromagnetismo. L'esame consiste in una prova scritta e in una eventuale successiva prova orale.

Testi consigliati

C. Mencuccini, V. Silvestrini, *Fisica II*, Editore Liguori.
P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, *Fisica II*, Editore SES.
D. Halliday, R. Resnick, *Fisica II*, Casa editrice Amborsiana.

FISICA GENERALE LB **BO, cds: E, T**
Docente: **Gianni Vannini** prof. ord.

Introduzione.
Interazioni e forze. Il concetto di campo. Cenni di calcolo vettoriale: Gradiente, Integrali curvilinei, di superficie e di volume, Rotore e teorema di di Stokes, Divergenza e teorema di Gauss, sorgenti e vortici di un campo, teorema di Helmotz. La funzione delta di Dirac.

Il Campo Elettrostatico nel vuoto.
La carica elettrica. La legge di Coulomb. Principio di sovrapposizione. Il campo elettrostatico nel vuoto. Divergenza e rotore del campo elettrostatico. Il teorema di Gauss e il teorema di Stokes. Il potenziale elettrostatico. Equazioni di Poisson e di Laplace. Espansione del potenziale elettrostatico in serie di multipoli. L'energia elettrostatica.

Il Campo elettrostatico nella materia.
Definizione di conduttori e isolanti. I conduttori nel campo elettrostatico. La forza sulla carica superficiale e la pressione elettrostatica. La capacità elettrica e i condensatori. Il problema generale dell'elettrostatica in presenza di conduttori: studio dell'equazione di Laplace. Il metodo delle immagini. I dielettrici. I dipoli atomici e molecolari indotti e permanenti. La polarizzazione elettrica. Il campo di un dielettrico polarizzato. Le cariche di polarizzazione. Il campo di induzione elettrica **D**. Le sorgenti e i vortici di **D**. Suscettività elettrica, permittività e costante dielettrica. Dielettrici lineari. Discontinuità dei campi **E** e **D**. Energia elettrostatica in sistemi dielettrici.

La corrente elettrica stazionaria.
Cariche in moto e corrente elettrica. La densità di corrente. La conservazione della carica e l'equazione di continuità generale. I conduttori ohmici. La forza elettromotrice. L'effetto Joule. Reti di conduttori.

Il campo magnetico stazionario.
La legge di Biot-Savard. Il campo magnetico **B** nel vuoto. Sorgenti e vortici del campo magnetico **B**: divergenza e rotore di **B**. La legge di Ampere. Il potenziale vettore **A**. Le condizioni al contorno della magnetostatica. Espansione in serie di multipoli del potenziale vettore. Il campo **B** nella materia. I dipoli magnetici e la Magnetizzazione. Il campo di un oggetto magnetizzato. Le correnti di magnetizzazione. Il campo vettoriale **H**. Le sorgenti e i vortici di **H**. Diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo. Mezzi lineari e non lineari. Suscettività e permeabilità magnetiche. Discontinuità dei campi **B** e **H**.

Il campo elettromagnetico in condizioni non stazionarie.
I generatori di forza elettromotrice. La forza elettromotrice indotta. La legge di Faraday e la legge di Lenz. La mutua induzione e l'autoinduzione. I circuiti a corrente variabile. L'energia magnetica.

Le equazioni di Maxwell.
La corrente di spostamento e le simmetrie delle equazioni dell'elettromagnetismo. Le equazioni di Maxwell. Il problema dei monopoli magnetici. Le equazioni di Maxwell nella materia. Le condizioni al contorno dei campi **E**, **B**, **D**, **H**. Formulazione dell'elettrodinamica in termini dei potenziali. Le trasformazioni di Gauge. Il Gauge di Coulomb e il gauge di Lorentz. La forza di Lorentz in termini di potenziali. La conservazione dell'energia e il teorema di Poynting. La conservazione della quantità di moto e del momento angolare. Il tensore degli sforzi di Maxwell.. Le soluzioni delle equazioni di Maxwell nel vuoto e in assenza di cariche e correnti.

Testi consigliati

Gli argomenti svolti nel corso sono trattati in modo più che suffiiciente nella maggior parte dei testi Universitari di Fisica II. Se ne elencano qui alcuni:
C. MORONI, *Lezioni di Elettromagnetismo e Ottica*, Ed. Pitagora.
L. LOVITCH-S. ROSATI, *Fisica Generale vol. 2*, Ed. CEA Milano.
RESNIK-HOLLIDAY-KRANE, *Fisica 2*, Ed. Ambrosiana.
C. MENCUCCINI-A. SILVESTRINI, *Fisica II*, Ed. Liguori.
M. ALONSO - E.J. FINN, *Elementi di Fisica per l'Università vol. 2*, Ed. Addison- Wesley.
A.BETTINI, *Elettromagnetismo*, Decibel, Zanichelli.

FISICA GENERALE LB **BO, cds: M (A-L)**
Docente: **Antonio Vitale** prof. ord.

Finalità dell'insegnamento

Maturazione di concetti basilari della Fisica Generale (con particolare riguardo ai Principi della Termodinamica e alle leggi dell'Elettromagnetismo nel vuoto) e loro trattazione col linguaggio dell'analisi matematica, del calcolo vettoriale e integrale.

Acquisizione della metodologia scientifico - tecnica necessaria per affrontare in termini quantitativi i problemi di fisica.

Programma di Termodinamica

Sistemi termodinanici e loro trasformazioni.- Il Principio zero della termodinamica. Temperatura e termometri. Trasformazioni termodinamiche e cambiamenti di stato.

Il primo principio della termodinamica. - Lavoro adiabatico, energia interna e primo principio della termodinamica. Quantità di calore e conservazione dell'energia in senso generalizzato. Capacità termica, calori molari, specifici e latenti. I gas perfetti: energia interna, equazioni di Poisson.

Il secondo principio della termodinamica. - Reversibilità e irreversibilità. Macchine termiche cicliche e loro rendimento. Il secondo principio della termodinamica. Ciclo e teorema di Carnot. Scala termodinamica assoluta delle temperature. Teorema di Clausius e funzione di stato Entropia. Legge di accrescimento dell'entropia.

Programma di Elettromagnetismo

Elettricità. – Legge di Coulomb, campo e potenziale elettrico, legge di Gauss per il campo elettrico. Teorema della divergenza e teorema di Stokes. Cariche soggette a campi elettrici. Equazione di continuità per la corrente elettrica.

Magnetismo. – Forze magnetiche e loro proprietà. Prima e seconda equazione di Laplace. Legge di Gauss per il campo magnetico. Legge di Ampère - Maxwell. Legge di Faraday - Lenz.

Elettromagnetismo.- Le equazioni di Maxwell. Cenni sulle onde elettromagnetiche. Aspetti energetici del campo elettromagnetico. Il vettore di Poynting.

Ulteriori informazioni

L'insegnamento presuppone familiarità con gli elementi basilari della trigonometria, della geometria elementare, dell'analisi matematica e dell'algebra vettoriale, nonché tematiche e concetti fisici già acquisiti in un corso universitario di Meccanica.

Una parte delle lezioni è dedicata alla discussione di quesiti e esercizi di termodinamica e di elettromagnetismo. L'esame consiste in una prova scritta e in una successiva prova orale.

Testi consigliati

A. BERTIN, M. POLI, A. VITALE, *Fondamenti di Termodinamica*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

A. BERTIN, N. SEMPRINI CESARI, A, VITALE, A. ZOCCOLI, *Lezioni di Elettromagnetismo*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna..

A. BERTIN, S. DE CASTRO, N. SEMPRINI CESARI, A. VITALE, A. ZOCCOLI, *Problemi d'esame di Fisica Generale*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

FISICA GENERALE LB **BO, cds: I (A-L), U**

Docente: **Nicola Semprini Cesari** prof. ass.

Richiami di Calcolo Vettoriale. Definizione di vettore, vettori applicati e liberi, operazioni algebriche con vettori, rappresentazione cartesiana dei vettori, operazioni algebriche con vettori nella rappresentazione cartesiana. Campi vettoriali; esempi di campi vettoriali, integrazione di campi vettoriali, integrali di linea e di superficie, teoremi della divergenza e del rotore.

Forza tra Cariche Elettriche in Quiete Relativa. La esistenza di forze elettrostatiche; le cariche puntiformi; il segno algebrico delle cariche; la uguaglianza tra cariche elettriche; dipendenza della forza dalla carica elettrica e dalla distanza; la scelta della costante di proporzionalità; la legge di Coulomb. Natura della carica elettrica. Il principio di sovrapposizione; descrizione di corpi elettricamente carichi non puntiformi: densità lineare, superficiale e volumetrica di carica. Il campo elettrostatico; significato fisico della espressione di una legge di forza attraverso il campo, il principio di sovrapposizione, estensione al caso di cariche non puntiformi. Le equazioni del campo elettrostatico; forma integrale delle leggi: legge del flusso e della circuitazione, forma locale delle leggi: legge della divergenza e del rotore. Il potenziale elettrostatico; estensione al caso di cariche non puntiformi.

Forza tra Cariche Elettriche in Moto Relativo. La incompletezza della legge di Coulomb, espressione della forza tra cariche elettriche in moto relativo, la forza magnetica e le sue principali proprietà, la forza di Lorentz. Il principio di sovrapposizione; descrizione di sistemi di cariche non puntiformi in moto, il vettore densità di corrente. La legge di conservazione della carica elettrica in forma integrale e locale. Il campo magnetico. Espressione dell'elemento di forza magnetica e di campo magnetico nel caso di cariche non puntiformi; il caso dei circuiti filiformi; leggi di Laplace, la forza magnetica tra fili paralleli indefiniti percorsi da corrente, la definizione operativa di Ampere. Le equazioni del campo magnetico; forma integrale delle leggi: legge del flusso e della circuitazione, la corrente di spostamento, forma locale delle leggi: legge della divergenza e del rotore.

La legge di Faraday. Il principio di relatività, la modifica della espressione del campo elettrostatico, la legge di Faraday in forma integrale e locale.

Le equazioni di Maxwell. Il quadro generale delle equazioni per la elettricità ed il magnetismo; il teorema di Poynting, espressione della densità volumetrica di energia elettromagnetica e della densità superficiale di potenza elettromagnetica. Densità volumetrica di impulso elettromagnetico.

Conduttori. Cenni sulla struttura dell'atomo; il legame ionico, covalente e metallico; conduttori ed isolanti; i conduttori metallici. Conduttore neutro immerso nel campo elettrostatico; la legge di Ohm, la resistività; la relazione tra campo elettrico e densità di corrente per i conduttori metallici. Conduttori all'equilibrio: campo elettrostatico nei punti interni, sulla superficie ed in prossimità della superficie; equazione di Coulomb; distribuzione della carica elettrica nei condut-

Università di Bologna BIBLIOTECA INGEGNERIA BOLOGNA

tori all'equilibrio; il conduttore cavo; lo schermo elettrostatico; conduttore carico; proprietà delle punte. Coppie di conduttori: induzione incompleta e completa; condensatori; capacità dei condensatori; condensatori piani, sferici e cilindrici.

Circuiti elettrici. Il generatore di tensione; la resistenza, legge di Ohm, effetto joule, resistenze in serie e parallelo; il condensatore, condensatori in serie e parallelo; la induttanza. L'applicazione delle equazioni di Maxwell ai circuiti elettrici: circuiti R, RC, RLC. Trasporto dell'energia nei circuiti elettrici.

Testi consigliati

Lezioni di Elettromagnetismo, BERTIN, SEMPRINI-CESARI, VITALE, ZOCCOLI, Edizioni Esculapio – Progetto Leonardo.

FISICA GENERALE LB **BO, cds: I (L-Z)**

Docente: **Ettore Verondini** prof. ord.

1. Campo elettrostatico nel vuoto

Carica elettrica e legge di Coulomb. Campo elettrico di una distribuzione di carica. Principio di sovrapposizione. Carica elementare. Equazioni del campo coulombiano in forma integrale. Potenziale elettrostatico. Dipolo elettrico. Teorema di Gauss. Energia elettrostatica di un sistema di cariche. Capacità. Condensatori. Cenno ai dielettrici.

2. La corrente elettrica stazionaria

Principio di conservazione della carica elettrica. Legge di Ohm. Conduttori Ohmici. Reti di conduttori percorsi da corrente stazionaria. Leggi di Kirchoff. Effetto Joule.

3. Il campo magnetico

Moto di una particella carica in un campo magnetico. Forza esercitata dal campo magnetico su una corrente elettrica. Campo di una carica puntiforme in moto. Legge di Biot e Savart. Interazioni fra correnti. Forma integrale delle leggi del campo magnetico. Cenni ai materiali magnetici.

4. Elettrodinamica

La corrente di spostamento. Induzione elettromagnetica. Legge di Lenz. Induttanza.

5. Energia e onde

Energia in un campo elettromagnetico. Energia del campo elettrico. Energia del campo magnetico. Le onde elettromagnetiche.

I seguenti libri contengono gli argomenti svolti nel corso:

A.BETTINI: *Elettromagnetismo*, Ed. Decibel-Zanichelli.
C.MENCUCCINI, A.SILVESTRINI: *Fisica II*, Ed. Liguori.
C.MORONI: *Lezioni di Elettromagnetismo ed Ottica*, Ed. Pitagora.
E.AMALDI, R.BIZZARRI, G.PIZZELLA: *Fisica generale*, Ed. Zanichelli.
M.ALONSO, E.J.FINN: *Elementi di Fisica per l'Università*, Ed. Addison-Wesley.

FISICA GENERALE LB **BO, cds: G (A-K), P (A-K)**

Docente: **Antonio Bertin** prof. ord.

Finalità dell'insegnamento

Maturazione di concetti basilari della Fisica Generale (con particolare riguardo ai Principi della Termodinamica e alle leggi dell'Elettromagnetismo nel vuoto) e loro trattazione col linguaggio dell'analisi matematica, del calcolo vettoriale e integrale.

Acquisizione della metodologia scientifico - tecnica necessaria per affrontare in termini quantitativi i problemi di fisica.

Programma di Termodinamica

Sistemi termodinanici e loro trasformazioni.- Il Principio zero della termodinamica. Temperatura e termometri. Trasformazioni termodinamiche e cambiamenti di stato.

Il primo principio della termodinamica. - Lavoro adiabatico, energia interna e primo principio della termodinamica. Quantità di calore e conservazione dell'energia in senso generalizzato. Capacità termica, calori molari, specifici e latenti. I gas perfetti: energia interna, equazioni di Poisson.

Il secondo principio della termodinamica. - Reversibilità e irreversibilità. Macchine termiche cicliche e loro rendimento. Il secondo principio della termodinamica. Ciclo e teorema di Carnot. Scala termodinamica assoluta delle temperature. Teorema di Clausius e funzione di stato Entropia. Legge di accrescimento dell'entropia.

Programma di Elettromagnetismo

Elettricità. – Legge di Coulomb, campo e potenziale elettrico, legge di Gauss per il campo elettrico. Teorema della divergenza e teorema di Stokes. Cariche soggette a campi elettrici. Equazione di continuità per la corrente elettrica.

Magnetismo. – Forze magnetiche e loro proprietà. Prima e seconda equazione di Laplace. Legge di Gauss per il campo magnetico. Legge di Ampère - Maxwell. Legge di Faraday - Lenz.

Elettromagnetismo.- Le equazioni di Maxwell. Cenni sulle onde elettromagnetiche. Aspetti energetici del campo elettromagnetico. Il vettore di Poynting.

Ulteriori informazioni

L'insegnamento presuppone familiarità con gli elementi basilari della trigonometria, della geometria elementare, dell'analisi matematica e dell'algebra vettoriale, nonché tematiche e concetti fisici già acquisiti in un corso universitario di Meccanica.

Una parte delle lezioni è dedicata alla discussione di quesiti e esercizi di termodinamica e di elettromagnetismo. L'esame consiste in una prova scritta e in una successiva prova orale.

Testi consigliati

A. Bertin, M. Poli, A. Vitale, *Fondamenti di Termodinamica*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

A. Bertin, N. Semprini Cesari, A, Vitale, A. Zoccoli, *Lezioni di Elettromagnetismo*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

A. Bertin, S. De Castro, N. Semprini Cesari, A. Vitale, A. Zoccoli, *Problemi d'esame di Fisica Generale*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

FISICA GENERALE LC **BO, cds: T**
Docente: **Franco Malaguti** prof. straord.

Termodinamica

La descrizione termodinamica dei sistemi: le coordinate termodinamiche. Equilibrio termico e principio zero della termodinamica: la temperatura, definizione operativa e misura. I termometri; temperatura del termometro a gas ideale. Stati di equilibrio termodinamico ed equazioni di stato. I sistemi PVT. Leggi sperimentali per i gas: l'equazione di stato dei gas ideali e dei gas reali. Elementi di teoria cinetica dei gas: interpretazione microscopica della pressione e della temperatura. Lavoro termodinamico. Trasformazioni quasi statiche e lavoro. Diagrammmi pV. Lavoro e calore. Lavoro adiabatico ed energia interna. La conservazione dell'energia e il primo principio della termodinamica. Capacità termiche e calori specifici. I serbatoi di calore. Energia interna e dipendenza dalle coordinate termodinamiche; esperienza di Joule ed energia interna dei gas ideali. I calori specifici dei gas ideali. La relazione di Mayer. Trasformazioni quasi statiche dei gas ideali: le leggi di Poisson per le trasformazioni adiabatiche. Il ciclo di Carnot. Conversione di calore in lavoro e viceversa. Le macchine termiche. Il secondo principio della termodinamica: enunciato di Kelvin. Le macchine frigorifere. Enunciato di Clausius. Equivalenza degli enunciati del secondo principio. Trasformazioni reversibili ed irreversibili. Il teorema di Carnot e corollari. La temperatura termodinamica assoluta. Teorema di Clausius. Concetto di entropia. Entropia di un gas ideale. Diagrammi TS. Entropia, reversibilità e irreversibilità. Principio dell'aumento dell'entropia. Entropia ed energia inutilizzabile. Cenni all'interpretazione statistica dell'entropia.

Fenomeni ondulatori.

Oscillazioni armoniche libere. Oscillazioni smorzate. Oscillazioni forzate: ampiezza elastica e di assorbimento. Condizioni di risonanza. Propagazione per onde di perturbazioni fisiche. Onde elastiche nei fluidi e nei solidi. Onde progressive unidimensionali ed equazione di D'Alembert. Le onde trasversali su una corda. Energia trasportata da onde progressive. Riflessione e trasmissione. Onde monocromatiche e loro rappresentazione complessa. Sovrapposizione di onde. Battimenti e cenni ai pacchetti d'onde. Velocità di fase e velocità di gruppo. Onde stazionarie e modi di vibrazione di una corda. Cenni alle onde sonore. Onde nello spazio. Onde piane ed onde sferiche. Equazioni di Maxwell nel vuoto ed onde elettromagnetiche. Velocità di propagazione delle onde e velocità della luce. Carattere trasversale delle onde elettromagnetiche e relazioni fra i campi. Energia ed impulso trasportati dalle onde elettromagnetiche: il vettore di Poynting. Le cariche accelerate come sorgenti di onde elettromagnetiche. Irraggiamento da cariche oscillanti. Spettro delle onde elettromagnetiche e luce. Oscillatori nella materia: un modello classico per l'emissione della radiazione elettromagnetica e la sua interazione con la materia. Diffusione ed assorbimento della luce: la legge del cielo blu. Campi elettromagnetici nei dielettrici. Campi variabili nel tempo e polarizzabilità dinamica. Modello ad oscillatori e costante dielettrica complessa. Onde monocromatiche e indice di rifrazione complesso: dispersione e assorbimento. Onde luminose e raggi. Propagazione della luce in mezzi trasparenti. Riflessione e rifrazione all'interfaccia fra due mezzi. Condizioni di raccordo per i campi e leggi di Snell. Coefficienti di riflessione e di trasmissione nel caso di incidenza normale. Riflessione totale. Interferenza di onde. Condizioni di coerenza. Fenomeni di interferenza per la luce. Esperienza di Young. Interferenza con lamine sottili. Interferenza con N sorgenti coerenti. Fenomeni di diffrazione e principio di Huyghens-Fresnel. Diffrazione da una fenditura. Il reticolo di diffrazione. Diffrazione da aperture ed ostacoli. Oscillatori reali e principio di Huyghens. L'approssimazione dell'ottica geometrica.

Gli argomenti di Termodinamica sono completamente trattati nel testo
FOCARDI, MASSA, UGUZZONI: *Fisica generale: Meccanica e Termodinamica* (CEA) (*)

Per gli argomenti della seconda parte del corso si segnalano:
BETTINI: *Le onde e la luce* (Decibel-Zanichelli).
MENCUCCINI-SILVESTRINI: *Fisica II* (Liguori).

FISICA GENERALE LC **BO, cds: L, I**
Docente: **Ignazio G. Massa** prof. ord.

Metodo statistico. Coordinate macroscopiche. Sistemi idrostatici. Equilibri termico e termodinamico. Temperatura. Equazioni di stato. Lavoro termodinamico. Trasformazioni quasi statiche e reversibili. Gas reali e ideali. Energia. I° Principio. Calore. Capacità termica. Trasformazioni quasi statiche di un gas ideale.

Conversione di lavoro in calore e viceversa. Serbatoi. Macchine termiche e frigorifere. Enunciati di Kelvin e di Clausius; equivalenza. Ciclo e Teorema di Carnot. Temperatura assoluta. Teorema di Clausius. Entropia. Entropia, reversibilità e irreversibilità. Energia degradata. Elementi per una interpretazione microscopica.

Oscillazioni armoniche libere, smorzate e forzate. Risonanza. Propagazione per onde di perturbazioni fisiche. Onde elastiche nei fluidi e nei solidi. Equazione di D'Alembert. Energia, riflessione e trasmissione. Sovrapposizione di onde. Battimenti. Velocità di fase e di gruppo. Onde stazionarie. Onde piane e sferiche. Onde elettromagnetiche. Carattere trasversale delle onde elettromagnetiche. Energia e impulso: vettore di Poynting. Cariche accelerate. Irraggiamento da cariche oscillanti. Spettro delle onde elettromagnetiche e luce. Diffusione e assorbimento della luce. Campi elettromagnetici nei dielettrici. Dispersione e assorbimento. Propagazione della luce in mezzi trasparenti. Riflessione e rifrazione. Interferenza di onde e coerenza. Diffrazione e Principio di Huygens. Polarizzazione.

FISICA GENERALE LD **BO, cds: T, L**
Docente: **Arnaldo Uguzzoni** prof. ord.

Elementi di fisica statistica classica. La legge di distribuzione di Boltzmann. Equipartizione dell'energia. Calori specifici e radiazione di corpo nero: primi problemi per la fisica classica. Effetto fotoelettrico, effetto Compton: i fotoni. Interferenza della luce e fotoni. Interferenza e diffrazione di elettroni. Analisi della dualità onda corpuscolo e sua interpretazione statistica. Funzioni d'onda e ampiezze di probabilità. Il principio di sovrapposizione degli stati. Pacchetti d'onda e relazioni di Heisenberg. Elementi del formalismo della meccanica quantistica: variabili dinamiche ed operatori. Equazione di Schrodinger. Stati stazionari. Quantizzazione dell'energia per una particella in una scatola. Barriera di potenziale ed effetto tunnel. Atomi con un elettrone: quantizzazione dell'energia e del momento angolare. Transizioni fra stati atomici: emissione ed assorbimento di radiazione. Esperimenti di Stern Gerlach, spin e momento magnetico dell'elettrone. Sistemi di particelle identiche. Principio di Pauli e atomi con più elettroni. Elettroni nei solidi: bande di livelli e conduzione elettrica. Statistiche quantiche. Distribuzione di Fermi-Dirac e gas di elettroni. Distribuzione di Bose-Einstein e gas di fotoni. Emissione spontanea ed emissione indotta. Il laser.

FISICA TECNICA AMBIENTALE L **BO, cds: R**

Docente: **Massimo Garai** prof. straord.

Richiami di Termodinamica generale. Primo e secondo principio. Entropia e lavoro perduto. Temperatura termodinamica. Vapori saturi.

Termodinamica applicata. Bilanci di massa e di energia per sistemi aperti. Diagrammi termodinamici. Ciclo Rankine. Ciclo frigorifero. Pompe di calore. Miscele d'aria e vapore d'acqua. Trasformazioni psicrometriche. Cenni di condizionamento ambientale. Misure di grado igrometrico.

Conduzione. Legge di Fourier. Equazione di Fourier. Regime stazionario: strato piano, strato cilindrico. Raggio critico. Analogia elettrica. Ponti termici. Regime periodico stabilizzato. Misure di conduttività termica. Materiali per l'isolamento termico.

Richiami di Fluidodinamica. Fluidi newtoniani e non newtoniani. Fenomeni di trasporto. Equazioni fondamentali del moto isotermo. Moti laminare e turbolento. Incomprimibilità. Strato limite dinamico. Perdite di carico. Formula dei camini. Misure di velocità e portata.

Convezione. Coefficiente di convezione. Equazioni fondamentali del moto non isotermo. Analisi dimensionale e similitudine. Convezione forzata, naturale e mista. Raffreddamento di un corpo per convezione naturale. Strato limite termico.

Irraggiamento. Definizioni di base. Corpi neri e corpi grigi. Leggi di Stefan-Boltzmann, di Planck, di Wien, di Lambert, di Kirchhoff. Scambio di energia tra superfici completamente affacciate e parzialmente affacciate. Irraggiamento solare.

Contemporanea presenza di diverse modalità di scambio. Contemporanea presenza di convezione ed irraggiamento. Coefficiente globale di scambio termico. Condensazione superficiale ed interstiziale. Migrazione del vapore d'acqua attraverso le strutture edilizie. Diagramma di Glaser. Scambiatori di calore: equicorrente e controcorrente; calcolo della superficie di scambio.

ESERCITAZIONI. Gli esercizi svolti in aula sono parte integrante ed essenziale del corso.

ESAMI. Una singola prova orale.

Testi consigliati

A. Cocchi, *Elementi di Termofisica generale e applicata*, Esculapio Editrice, Bologna (1990).
Y.A.Çengel, *Termodinamica e trasmissione del calore*, McGraw-Hill, Milano (1998).

FISICA TECNICA AMBIENTALE **BO, cds: D**

Docente: **Adriano Vaccari** prof. ass.

Sistemi di Misura

Sistema internazionale, Sistema CGS, Sistema Tecnico Europeo, Sistema Tecnico Anglosassone. Conversioni tra le varie unità di misura.

Complementi di Termodinamica

2° Principio, trasformazioni invertibili, diseguaglianza di Clausius, teorema dell'aumento dell'entropia, lavoro massimo e lavoro minimo. Uso delle tabelle per i vapori; ciclo Rankine, cicli frigoriferi, pompa di calore, ciclo Otto, ciclo Diesel; cenno alle turbine a gas.

Meccanica dei fluidi

Legge dell'idrostatica; bilancio di entalpia; equazione di Bernoulli, bilancio di energia meccanica per il sistema aperto: efflusso di liquidi ed aeriformi da serbatoi. Fluidi newtoniani e non newtoniani. Bilancio di quantità di moto; profili di velocità in moto laminare e stazionario lungo una parete inclinata ed in una tubazione. Tensore degli sforzi, sua simmetria; principio di sovrapponibilità degli effetti, sistemi di tensioni piane, circolo di Mohr. Punto di vista dell'osservatore fisso (Eulero) e dell'osservatore mobile con il fluido (Lagrange); equazione di Continuità, significato fisico della divergenza della velocità. Relazione tra le componenti del tensore degli sforzi e le derivate della velocità. Equazioni generali della meccanica dei fluidi newtoniani isotermi; semplificazione per viscosità e densità costanti: equazioni di Navier-Stokes, esempio di soluzione diretta. Similitudine dinamica, numeri di Reynolds e Froude. Non influenza della condizione iniziale per i moti stazionario e mediamente stazionario. Pressione generalizzata e non influenza dei numero di Froude in assenza di peli liberi. Turbolenza, velocità e pressione mediate nel tempo; cenno alle tensioni di Reynolds; significato fisico dei vettore vortice; moti irrotazionali.

Perdite di carico nelle tubazioni, fattore di Fanning e sua dipendenza da Re; perdite concentrate.

Calcolo per la scelta di una tubazione e della pompa relativa (numerico); soluzione più economica. Metodo di calcolo di una rete di condotte. Calcolo di una tubazione nel caso di fluido comprimibile. Resistenza all'avanzamento di oggetti immersi in un fluido, soluzione di Stokes per moto irrotazionale attorno ad una sfera: viscosimetro a sfera, decantazione. Moto dei liquidi in letti filtranti, equazione di Kozeny. Strumenti di misura: manometro differenziale, tubo di Pitot, Venturimetro, Diaframma.

Trasmissione dei Calore

Legge di Fourier: mezzi omogenei, isotropi ed anisotropi; applicazione alla conduzione in simmetria piana e cilindrica. Equazione di Fourier quale forma semplificata dell'equazione dell'energia; sua applicazione alla conduzione non stazionaria in un semispazio: soluzione mediante la funzione degli errori. Modello matematico che regola la convezione; applicazione diretta al caso della convezione naturale in una stretta fessura verticale: soluzione in funzione dei numero di Grashof. Modifica delle equazioni di Navier-Stokes per tener conto della variabilità della densità nella convezione naturale: modello matematico che regola la convezione naturale.

Adimensionalizzazione dei modelli matematici delle convezioni forzata e naturale: numeri di Reynolds, Prandfl, Grashof. Eguaglianza dei numeri di Nusselt nel caso di similitudine dinamica.

Calcolo dei coefficienti di convezione mediante relazioni sperimentali. Calcolo di un coefficiente globale di scambio tra acqua calda entro una tubazione ed aria all'esterno; calcolo dell'isolamento, calcolo del raffreddamento lungo la tubazione.

Dati empirici sui coefficienti di convezione nel caso di fluidi evaporanti e condensanti.

Leggi dell'irraggiamento termico: Kirckhoff, Lambert, Stefan-Boltzmamm, Pianck; corpi opachi, neri, grigi e scabri. Coefficienti angolari per l'irraggiamento tra corpi, legge di reciprocità. Alcuni casi di scambio termico per irraggiamento tra corpi neri. Metodo delle "Radiosità" per il calcolo dello scambio tra corpi grigi e scabri.

Scambiatori di calore tubolari, a fascio tubiero, a piastre; equicorrente e controcorrente, bilancio dell'energia nello scambiatore; ricavo della relazione per determinare la superficie dello scambiatore.

Impianti termotecnici

Bilanci di materia ed energia nel caso di mescolamento di due correnti di aria umida; umidificazione adiabatica ed a vapore; passaggio attraverso una batteria, fattore di by pass. Trattamento invernale ed estivo dell'aria condizionata. Fabbisogno termico e frigorifero degli ambienti: scelta dei tipo di impianto. Impianti di solo riscaldamento: dimensionamento dei corpi scaldanti, delle

tubazioni e della caldaia. Impianti di condizionamento: impianto a tutt'aria ed impianto ad aria primaria e ventilconvettori; dimensionamento delle tubazioni, dei canali, delle bocchette delle unità di trattamento aria e dei ventilconvettori.

FISICA TECNICA AMBIENTALE L **CE, cds: dud**
Docente: **Lamberto Tronchin** ric.

Finalità del corso

Il corso si propone di fornire le nozioni di base per l'analisi energetica dei sistemi, sia attraverso lo studio dei processi di conversione tra le diverse forme di energia (termica, meccanica, elettrica), sia fornendo gli elementi fondamentali sui meccanismi di scambio termico e sulla meccanica dei fluidi. L'insegnamento vuole altresì esaminare gli aspetti fondamentali del benessere termoigrometrico nonché quelli dell'acustica applicata, con particolare riferimento all'acustica edilizia ed architettonica.

Principi di Termodinamica

Richiami di termodinamica generale. Sistemi di unità di misura. Primo principio della termodinamica; energia interna, entalpia, calore specifico. Secondo principio della termodinamica: entropia, trasformazioni reversibili, ciclo di Carnot. Temperatura. Sistema aperto: equazione di continuità, bilancio energetico, casi particolari.

Diagrammi termodinamici. Vapori saturi umidi e surriscaldati: proprietà termodinamiche, trasformazioni cicliche. Cicli termodinamici fondamentali: ciclo Rankine, frigorifero, macchine a gas, pompe di calore. Miscele di aria e vapor d'acqua: definizioni e grandezze, diagramma psicrometrico, trasformazioni psicrometriche, casi particolari, misure del grado igrometrico.

Trasmissione del calore

Conduzione: Equazione di Fourier, regime stazionario; strato piano semplice e multiplo, strato cilindrico, raggio critico; analogia elettrica, ponti termici.

Cenni di Fluidodinamica: Equazioni fondamentali del moto isotermo; moto laminare e turbolento; incomprimibilità; strato limite dinamico. Perdite di Carico, Diagramma di Moody, formula dei camini. Prevalenza.

Convezione: Coefficiente di convezione. Equazioni fondamentali del moto non isotermo. Analisi dimensionale e similitudine. Convezione forzata, naturale, mista. Significato dei raggruppamenti adimensionali.

Irraggiamento: Definizioni; corpi neri e grigi; leggi di Stefan-Boltzmann, di Planck, di Wien, di Lambert, di Kirchoff. Fattore di forma. Scambio di energia tra superfici alettate (cenni).

Contemporanea presenza di diverse modalità di scambio termico: irraggiamento, convezione e conduzione. Coefficiente globale di scambio termico. Condensazione superficiale ed interstiziale.

Benessere termoigrometrico e qualità dell'aria

Definizioni, equazione di Fanger. Olf, decipol, ricambio dell'aria.

Elementi di acustica ed illuminotecnica

Definizioni; cenni di acustica fisica; livelli sonori, decibel, curve di ponderazione. Cenni sul sistema uditivo umano. Cenni di analisi in frequenza. Tempo di riverberazione, campo semiriverberante. Isolamento acustico, assorbimento acustico. Grandezze base di illuminotecnica, misura e operazioni sulle grandezze. Livello di illuminamento interno, fattore medio di luce diurna.

Testi consigliati

A. COCCHI, *Elementi di Termofisica Generale ed Applicata*, Ed. Esculapio.
A. COCCHI, *Inquinamento da Rumore*, Ed. Maggioli.
G. MONCADA LO GIUDICE, M. COPPI: *Benessere termico e qualità dell'aria interna*, Ed. Masson.
G. MONCADA LO GIUDICE, S. SANTOBONI: *Acustica*, Ed. Masson.
G. MONCADA LO GIUDICE, A. DE LIETO VOLLARO: *Illuminotecnica*, Ed. Masson.
Materiale e dispense aggiuntive fornite dal docente.

Tesi di Laurea

Aspetti teorici e sperimentali della Fisica Tecnica Ambientale nell'ambiente costruito ed esterno

Bioarchitettura e benessere

Acustica degli ambienti chiusi: progettazione e qualificazione

FISICA TECNICA AMBIENTALE L **BO, cds: C**

Docente: **Alessandro Cocchi** prof. ord.

Sistemi dì unità di misura

Sistema Internazionale, sistema tecnico: conversioni tra le unità di misura.

Complementi di termodinamica applicata

Bilancio dì energia per sistemi chiusi. Bilancio di energia per sistemi aperti a due o più correnti: bilancio in forma entalpia o meccanica. Equazione di Bernoulli come caso particolare. Esempi tipici di sistemi aperti ed adattamento dell'equazione di bilancio ai singoli casi.

Termodinamica del vapore e delle miscele di aria e vapor d'acqua.

Diagrammi termodinamici (p,v), (T,s) ed (h,s) o di Collier per il vapor d'acqua. Diagramma di Mollier per le miscele di aria e vapor d'acqua e diagramma psicrometrico.

Ciclo Rankine; Ciclo frigorifero con compressore o ad assorbimento; Pompa di Calore

Complementi di fluidodinamica applicata

Perdite di carico nelle tubazioni; perdite distribuita ed accidentali; perdite in funzione del numero di Rcynolds, della scabrezza e della geometria.

Moto nei camini.

Strumenti di misura: tubo di Pitot, anemometro a filo caldo, Venturimetro, diaframma, manometro differenziale.

Trasmissione del calore

Legge di Fourier; mezzi omogenei, isotropi ed anisotropi. Equazione di Fourier. Applicazioni alla conduzione stazionaria in mezzi omogenei isotropi con simmetria piana e cilindrica.

Coefficiente di conduzione e coefficiente di diffusione del calore: analisi critica. Resistenze termiche.

Misura del coefficiente di conduzione equivalente e dell'inerzia termica di una struttura edilizia.

Migrazione del vapor d'acqua nelle strutture edilizie: il diagramma di Glaser.

Convezione forzata e convezione naturale: i parametri che governano il fenomeno del moto e le equazioni di Navier Stokes. Similitudine geometrica, cinematica, dinamica e degli scambi di

energia, per ricavare le relazioni tra i numeri puri di Reynolds, Prandtl, Grashof e Nusselt evidenziandone il significato fisico.

Calcolo dei coefficienti di convezione mediante relazioni sperimentali adimensionali: coefficiente globale di scambio termico; applicazioni numeriche. Raggio critico di un isolamento termico.

Leggi dell'irraggiamento: corpi opachi e trasparenti, neri e grigi: fattori di vista tra corpi parzialmente affacciati e legge di reciprocità; alcuni casi tecnicamente interessanti di scambio termico per irraggiamento tra corpi grigi.

Scambiatori di calore tubolari, a fascio tubiero, a piastre: equicorrente e controcorrente: relazione per il calcolo della superficie dello scambiatore.

Acustica applicata

Elementi di metrologia acustica. Rumore e vibrazioni. Legislazione di interesse: requisiti acustici passivi degli edifici e degli elementi di edificio.

Testo consigliato:

A. Cocchi, *Elementi di termofisica generale e applicata*, Progetto Leonardo, Bologna, 1° ed. 1990.

Modalità di espletamento dell'esame: orale

FISICA TECNICA L **BO, cds: G**

Docente: **Enrico Lorenzini** prof. ord.

Finalità dell'Insegnamento

L'insegnamento si propone di fornire le nozioni e le metodologie di base della termodinamica applicata e dello scambio termico.

La finalità dell'insegnamento è di introdurre lo studente allo studio dei sistemi di conversione, trasferimento e controllo dell'energia.

Termodinamica Applicata

Definizioni basilari – Primo principio – Secondo principio: richiami – Entalpia – Temperatura termodinamica – Definizione della proprietà entropia – Principio dell'aumento dell'entropia – Motrici termiche e macchine frigorifere fra due serbatoi – Sistemi semplici chiusi monocomponenti – Calori specifici – Equazione di stato e diagrammi (p, v) – Gas ideali: legge di Joule; variazione di energia interna, entalpia ed entropia – Proprietà dei vapori saturi – Cenno alle proprietà dei vapori surriscaldati e dei gas reali – Diagrammi termodinamici (T,s), (h,s) – Miscele di aria e vapore d'acqua – Ciclo Rankine e ciclo frigorifero a compressione – Equazioni energetiche del moto dei fluidi – Numero di Reynold, perdite di carico e diagrammi.

Irraggiamento termico

Definizioni – Cavità isoterma e corpo nero – Leggi di Kirchoff, di Stefan-Boltzmann, di Planck, del regresso di Wien, di Lambert – Corpo grigio – Scambi di energia per irraggiamento fra corpi neri e grigi – Fattori di forma – Coefficiente di irraggiamento.

Le lezioni saranno integrate dallo svolgimento in aula di esercizi sui vari argomenti del corso.

FISICA TECNICA L **BO, cds: M**

Docente: **Sandro Salvigni** prof. ord.

Obiettivi del Corso

L'insegnamento si propone di fornire i criteri con cui affrontare lo studio energetico delle macchine e dei sistemi esaminando le principali trasformazioni termodinamiche tra forme diverse di energia (termica e meccanica); verranno inoltre forniti gli elementi di base della Termocinetica necessari a comprendere i meccanismi di trasporto del calore.

TERMODINAMICA APPLICATA

La termodinamica del sistema: impostazione del problema. Applicazioni del primo e secondo principio della termodinamica a sistemi chiusi e valutazione delle grandezze termodinamiche. Entropia e lavoro. Energia utilizzabile. Sistema aperto. Bilancio delle masse. Il primo principio della termodinamica per i sistemi aperti. Osservazioni ed applicazioni. Il bilancio dell'energia meccanica. Perdite di carico. Sistemi aperti nei quali sono inserite macchine. Trasformazioni isoentropiche in sistemi a sezione variabile. Il secondo principio ed il sistema aperto. Superficie (p, v, T). Diagramma termodinamico (p, v). Proprietà termodinamiche del liquido. Proprietà termodinamiche del vapore. Gas perfetti. Proprietà termodinamiche e trasformazioni dei gas perfetti. Diagramma entropico (T, s). Diagramma entalpico (h, s). Miscele di gas perfetti. Esempi di cicli termodinamici.

TERMOCINETICA

La legge di Fourier. L'equazione di Fourier. Conduzione stazionaria. Conduzione in mezzi anisotropi: cenni. Analogia elettrica. Proprietà termofisiche. La convezione: generalità. Equazioni fondamentali del moto non isotermo. Convezione forzata: casi particolari. Convezione naturale o mista: casi particolari. L'irraggiamento: generalità. Definizioni. Corpo nero. Leggi dell'irraggiamento. La contemporanea presenza di diverse modalità di scambio. Convezione e irraggiamento. Coefficiente globale di scambio termico.

Testo consigliato:

A. Cocchi, *Elementi di termofisica generale ed applicata*, Esculapio, Bologna.

Lo svolgimento del corso è accompagnato da un elevato numero di esercitazioni aventi come oggetto applicazioni delle nozioni di base fornite dal corso stesso.

L'esame consiste in un colloquio su temi distinti e relativi alla Termodinamica Applicata ed alla Termocinetica: i temi possono essere sia di carattere strettamente teorico che applicativo, con riferimento alle applicazioni illustrate durante le esercitazioni.

FISICA TECNICA L **BO, cds: E**

Docente: **Antonio Barletta** prof. straord.

Finalità dell'Insegnamento

L'Insegnamento si propone di fornire le nozioni e le metodologie di base della termodinamica applicata, della meccanica dei fluidi e della trasmissione del calore per conduzione, convezione ed irraggiamento. Tali nozioni sono finalizzate allo studio dei sistemi di conversione, trasferimento e controllo dell'energia.

Termodinamica applicata

Definizioni basilari - Primo principio e definizione della proprietà energia - Secondo principio - Temperatura termodinamica - Disuguaglianza di Clausius - Definizione della proprietà entropia - Principio di non diminuzione dell'entropia - Sistemi semplici - Equazione di Gibbs - Regola delle fasi - Motrici termiche e macchine frigorifere fra due serbatoi - Termodinamica dei volumi di controllo: ipotesi di equilibrio termodinamico locale, bilanci di energia e di entropia - Sistemi semplici chiusi monocomponenti - Relazioni termodinamiche - Calori specifici - Equazione di stato e diagrammi {p, T}, {p, v} - Gas ideali: legge di Joule; variazioni di energia interna, entalpia ed entropia; valori dei calori specifici - Cenno alle proprietà dei liquidi - Vapori saturi: valori delle proprietà specifiche; equazione di Clapeyron - Proprietà dei vapori surriscaldati - Diagrammi termodinamici {T, s}, {h, s} e {p, h} - Proprietà delle miscele di gas ideali - Entropia di mescolamento - Miscele di aria e vapore d'acqua - Ciclo Rankine e ciclo frigorifero a compressione.

Conduzione termica

Densità di flusso termico e legge di Fourier - Equazione di Fourier - Casi semplici di conduzione stazionaria in geometria piana, cilindrica e sferica - Resistenza termica; resistenze termiche in serie e in parallelo - Conduzione non stazionaria monodimensionale - Conduzione stazionaria con generazione uniforme, in geometria cilindrica -Effetti termoelettrici: effetto Seebeck e ed effetto Peltier.

Meccanica dei fluidi e convezione termica

Definizioni basilari - Tensore delle tensioni ed equazioni costitutive - Teorema del trasporto di Reynolds - Equazioni di bilancio locale della massa, della quantità di moto e dell'energia - Ipotesi di Boussinesq - Moti isotermi - Moto laminare entro un canale piano - Equazione delle vibrazioni meccaniche in un fluido - Cenni alla teoria dello strato limite ed al moto esterno ad una lamina piana o ad un cilindro - Equazioni di bilancio integrale e studio a parametri concentrati del moto entro condotti - Perdite di carico distribuite e concentrate - Diagramma di Moody - Misure di velocità e portata - Analisi dei moti non isotermi: scrittura in forma adimensionale delle equazioni di bilancio, numeri puri di Reynolds, Grashof e Prandtl - Convezione forzata, convezione naturale, convezione mista - Coefficiente di convezione e numero di Nusselt - Convezione naturale in un canale piano verticale - Correlazioni tra il numero di Nusselt ed i numeri puri di Reynolds, Grashof e Prandtl.

Irraggiamento termico

Definizioni - Cavità isoterma e corpo nero - Leggi di Kirchhoff, di Stefan-Boltzmann, di Planck, del regresso di Wien, di Lambert - Corpo grigio - Scambi di energia per irraggiamento tra corpi neri e grigi - Fattori di forma - Cenno ai corpi non grigi - Coefficiente di irraggiamento.

L'esame consiste in una prova orale.

Bibliografia obbligatoria

A. Barletta, *Applicazioni della fisica termica*, Pitagora, Bologna, 2002.

E. Zanchini, *Termodinamica*, Pitagora, Bologna, 1993.

E. Zanchini, *Principi della termodinamica, conduzione termica, meccanica dei fluidi e convezione termica, irraggiamento termico*, dispense disponibili presso la Biblioteca della Facoltà di Ingegneria.

E. Zanchini, *Esercizi di fisica tecnica*, dispense disponibili presso la Biblioteca della Facoltà di Ingegneria.

FLUIDODINAMICA E SCAMBIO TERMICO L **BO, CdS: Q**
Docente: **Ferruccio Doghieri** prof. straord.

Programma del corso

1. Analisi dimensionale: dimensioni fondamentali e sistemi di unità di misura, teorema di Buckingham, similitudine dinamica.
2. Statica dei fluidi: distribuzione di pressione in liquidi e gas in quiete, spinta di galleggiamento, misuratori di pressione.
3. Bilanci di materia e quantità di moto: bilanci integrali e locali, bilanci per la corrente monodimensionale (CM).
4. Equazioni costitutive per lo sforzo in fluidi viscosi: fluido ideale, fluido newtoniano, fluido viscoso non newtoniano, fluido di Bingham, misure di viscosità.
5. Moto di fluidi incompressibili in condotti a pressione: bilancio di energia meccanica, perdite di carico, reti di condotte, problemi di verifica e di progetto, misure di portata.
6. Flusso esterno: coefficienti di trascinamento, velocità terminale di caduta di particelle.
7. Moto di fluidi compressibili: moto adiabatico e isotermo in condotti a sezione costante.
8. Pompe e compressori: movimentazione dei fluidi con pompe centrifughe e compressori, curva caratteristica, NPSH e numero di giri specifico per una pompa.
9. Bilanci di energia: bilanci integrali e locali, bilanci per la corrente monodimensionale e fase perfettamente miscelata (FPM).
10. Equazione costitutiva per la densità di flusso di calore: equazione di Fourier, conducibilità e diffusività termica.
11. Soluzioni per campi di temperatura e densità di flusso di calore in solidi conduttori: problemi stazionari e non stazionari.
12. Correlazioni per il coefficiente di convezione in condizioni di convezione forzata.
13. Stadio di equilibrio termico: batterie in controcorrente e a correnti incrociate
14. Scambiatori di calore: batteria di FPM e CM in equicorrente e controcorrente
15. Apparecchiature per lo scambio termico: scambiatori a fascio tubiero, a piastre, evaporatori, condensatori.

FONDAMENTI DELL'INGEGNERIA DI PROCESSO L **BO, cds: Q**
Docente: **Serena Bandini** prof. ass.

L'insegnamento con costituisce un'introduzione all'analisi quantitativa dei processi dell'industria chimica eseguita utilizzando il modello di impianto chimico come rete di correnti materiali ed energetiche colleganti un sistema di "scatole nere".

Obiettivo del corso è quello di fornire gli elementi di base per eseguire bilanci di materia ed energia per singole apparecchiature e per sistemi complessi.

Argomenti principali.

1. I sottosistemi costituenti un impianto chimico: apparati continui, semicontinui e discontinui. Funzionamento in condizioni stazionarie e transitorie.
2. Stato delle correnti materiali ed energetiche: variabili di composizione e variabili di flusso, definizioni, relazioni ed unità di misura.
3. L'equazione di bilancio di una proprietà estensiva: termini di accumulo, generativi e di flusso.

4. Bilanci di materia per singoli apparati, in presenza ed in assenza di reazioni chimiche, in condizioni di regime stazionario e transitorio. Conversione, selettività e resa. Variazione della base di bilancio. Applicazioni.

5. Bilanci di energia per singoli apparati, in presenza ed in assenza di reazioni chimiche, in condizioni di regime stazionario e transitorio. Richiami sul calcolo di variazioni di entalpia per sostanze pure. Criteri di scelta dello stato di riferimento più opportuno per la risoluzione. Applicazioni a sistemi ideali.

6. Bilancio di materia ed energia per un impianto chimico in condizioni stazionarie. Analisi delle correnti principali (alimentazione fresca, combinata, spurgo e ricircolo) e delle apparecchiature principali (miscelatore, partitore, reattore, scambiatore di calore, apparati di separazione). Applicazioni.

Testi consigliati:

F.P. FORABOSCHI, *Principi di Ingegneria Chimica*, UTET, Torino (cap.I).
R.M. FELDER, R.W. ROUSSEAU, *Elementary Principles of Chemical Processes*, J.Wiley & Sons, New York.
O.A. HOUGEN, K.M. WATSON, R.A. RAGATZ, *Principi dei processi chimici*, vol. 1, Casa editrice Ambrosiana.
Appunti del docente.
Esame: l'esame consta in una prova scritta ed in una prova orale.
Propedeuticità obbligatorie: Termodinamica applicata L.

FONDAMENTI DELL'INGEGNERIA DI PROCESSO L **BO, cds: N**
Docente: **Serena Bandini** prof. ass.

L'Insegnamento costituisce un'introduzione all'analisi quantitativa dei processi dell'industria chimica ed, in generale, di quelli di trasformazione utilizzando, a tal fine, il modello di impianto chimico come rete di correnti materiali ed energetiche colleganti un sistema di "scatole nere".

1. L'impianto chimico come sistema.
1.1. I sottosistemi costituenti un impianto chimico: apparati discontinui, continui e semicontinui; apparati a stadi e a contatto continuo. Stato delle correnti materiali e energetiche (variabili chimico-fisiche e di flusso: definizioni, unità di misura, relazioni); cenni sui principali apparati e processi industriali.
1.2. Rappresentazione schematica degli impianti chimici: schemi, grafi, diagrammi a fiume, schemi di processo.

2. L'impianto chimico come sistema di "scatole nere".
2.1. L'equazione integrale di bilancio di una proprietà estensiva: termini di accumulo, convettivi, generativi e di flusso superficiale, base di bilancio.
2.2. Bilanci di materia per un apparato: varie forme dell'equazione; il termine generativo; cambiamento della base di bilancio; applicazioni.
2.3. Determinazione del numero di reazioni stechiometricamente indipendenti tra sostanze assegnate.
2.4. Bilancio di energia per un apparato: varie forme, equazioni semplificate; effetto termico

delle reazioni chimiche; applicazioni.

2.5. Bilanci di materia e di energia per un impianto chimico in regime stazionario: numero di gradi di libertà e specifica base, processi con ricicli; applicazioni

2.6. Equilibrio liquido-vapore: temperatura di rugiada, umidità assoluta e relativa. Diagramma psicrometrico.

2.7. Bilanci di energia per sistemi non ideali. Calore integrale di soluzione. Diagramma entalpia-concentrazione.

Testi consigliati:

Dispense del docente.

F.P. FORABOSCHI, *Principi di Ingegneria Chimica*, UTET, Torino.

D.M. HIMMELBLAU, *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*, Prentice-Hall International, London.

R.M. FELDER, R.W. ROUSSEAU, *Elementary Principles of Chemical Processes*, J. Wiley & Sons, New York.

Esame: l'esame consiste in una prova scritta (obbligatoria) ed in una prova orale.

FONDAMENTI DI CHIMICA L **BO, cds: Q, V**

Docente : **Corrado Berti** prof. straord.

Finalità del corso

Il corso si propone di fornire i principi di base della Chimica, con l'intento di conseguire i seguenti obiettivi specifici: comprendere il linguaggio degli argomenti chimici; comprendere il significato di una reazione chimica ed effettuare calcoli stechiometrici; descrivere le catteristiche chimico-strutturali della materia nei diversi stati di aggregazione; essere in grado di correlare la struttura chimica dei materiali alle loro proprietà; comprendere gli aspetti energetici e cinetici della trasformazioni chimiche.

Contenuti del corso

Stuttura e proprietà della materia: struttura atomica, struttura elettronica, sistema periodico, legame chimico; stati di aggregazione della materia: solidi, liquidi e gas.

Nomenclatura e principali classi di composti inorganici.

La reazione chimica e calcoli stechiometrici; elementi di termochimica; equilibrio chimico e rendimento di una reazione.

Equilibri tra fasi diverse: introduzione ai diagrammi di stato.

Le soluzioni e le loro proprietà: concentrazione, acidità, basicità e pH.

Cinetica chimica.

Cenni di elettrochimica

Testi consigliati:

R.A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di Chimica*, CEDAM.

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di Chimica*, UTET.

P.W. ATKINS, *Chimica Generale*, Zanichelli.

P. MANARESI, E. MARIANUCCI, *Problemi di Chimica per Ingegneria*, Esculapio.

FONDAMENTI DI CHIMICA L **BO, cds: N, E**
Docente: **Maurizio Toselli** prof. ass.

Il corso si propone di analizzare in modo generale il campo delle proprietà microscopiche e macroscopiche dei sistemi chimici e di descrivere gli aspetti principali delle reazioni chimiche (bilancio di massa, bilancio energetico, velocità di reazione, equilibrio chimico).

1. Struttura atomica della materia. Costituzione dell'atomo. Numero atomico, numero di massa, isotopi. La struttura del nucleo atomico e la radioattività.
2. Struttura elettronica degli atomi e sistema periodico degli elementi. Cenni alla teoria dei quanti: effetto fotoelettrico, modello di Bohr e spettri atomici, onde di materia. Orbitali atomici e numeri quantici. Struttura elettronica degli atomi. Il sistema periodico: gruppi, periodi e serie di transizione. Proprietà periodiche.
3. Legame chimico nelle molecole e nei cristalli. Legame ionico e struttura dei cristalli ionici. Legame covalente: orbitali molecolari nelle molecole biatomiche. Legami semplici e legami multipli. Molecole polari e apolari. Orbitali ibridi e geometria molecolare. Legame metallico: teoria delle bande. Conduttori, semiconduttori e isolanti. Legami deboli.
4. Le reazioni chimiche. Formule chimiche e momenclatura chimica. Tipi di reazioni: bilanciamento delle reazioni di ossidoriduzione. Calcoli stechiometrici.
5. Stati di aggregazione della materia. Lo stato gassoso: gas ideali, miscele di gas ideali e legge di Dalton. Lo stato liquido: pressione di vapore, soluzioni ideali e legge di Raoult. Lo stato solido: reticoli cristallini, difetti reticolari, soluzioni solide.
6. Termochimica. Energia in gioco nelle reazioni chimiche: reazioni esotermiche e endotermiche. Legge di Hess e sue applicazioni. Reazioni di combustione. Criteri di spontaneità di una reazione chimica.
7. Cinetica chimica. Velocità di reazione. Dipendenza dalla concentrazione: equazione cinetica e ordine di reazione. Dipendenza dalla temperatura: teoria delle collisioni, energia di attivazione, fattore sterico. Catalisi omogenea ed eterogenea.
8. L'equilibrio chimico: espressioni della costante di equilibrio per sistemi gassosi ideali. Calcolo della composizione all'equilibrio. Lo spostamento dell'equilibrio. Equilibri ionici in soluzione: dissociazione dell'acqua e pH. Acidi e basi.
9. Pile e potenziali elettrodici. Equazione di Nernst. La serie elettrochimica dei potenziali standad. Fenomeni elettrolitici e leggi di Faraday.

Modalità di esame: prova scritta eventualmente integrata da una prova orale.

Materiale didattico utile alla preparazione dell'esame sarà distribuito durante il corso e sarà inoltre reperibile collegandosi alla seguente pagina web: http://tori.ing.unibo.it/DICASM/staff/toselli/toselli.htm

Testi Consigliati

E. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di chimica per ingegneria*, Cedam, Padova.

Testi di consultazione

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di chimica*, UTET.
P.W. ATKINS, L. JONES, *Chimica generale*, Zanichelli, Bologna.
P. SILVESTRONI, *Fondamenti di chimica*, Veschi, Milano.

FONDAMENTI DI CHIMICA L **BO, cds: R**
Docente: **Maurizio Fiorini** prof. ass.

La struttura atomica della materia: atomi e molecole, pesi atomici relativi e assoluti; l'unità di massa atomica. La mole ed il numero di Avogadro. La struttura dell'atomo: il modello di Rutherford.

Il nucleo dell'atomo: numero atomico e numero di massa; gli isotopi. Nuclidi stabili e radionuclidi; cenni ai processi di decadimento radioattivo. La radioattività.

La struttura elettronica degli atomi: La nascita della teoria dei quanti, dualismo onda-particella e principio di indeterminazione di Heisenberg. Numeri quantici e orbitali atomici. La rappresentazione degli orbitali. L'atomo di idrogeno secondo la meccanica ondulatoria. La struttura degli atomi polielettronici: lo spin dell'elettrone, il principio di esclusione di Pauli e la regola di Hund. Rappresentazione della struttura elettronica nello stato fondamentale dei principali elementi. Dalla Tavola di Mendeleev alla moderna classificazione periodica degli elementi: le proprietà periodiche.

Il legame chimico: Il concetto di legame chimico e di energia di legame. I vari tipi di legame chimico. Il legame ionico e l'energia reticolare. Proprietà dei solidi ionici. Il legame covalente: la teoria di Lewis, legami semplici e legami multipli. La valenza degli elementi. La teoria del legame di valenza. Legami di tipo sigma e di tipo pi-greco. Le formule di struttura. Legami covalenti polari. Gli orbitali ibridi e la geometria molecolare. Cenni alla teoria VSEPR. Molecole polari ed apolari. La teoria degli orbitali molecolari e la sua applicazione a semplici molecole biatomiche omonucleari. Il legame metallico: proprietà principali dei solidi metallici; il modello a bande nei solidi. Conduttori, isolanti e semiconduttori I legami deboli: il legame a idrogeno; interazioni di Van der Waals.

Le reazioni chimiche: significato quantitativo delle formule chimiche. L'equazione stechiometrica e il suo significato. Bilanciamento delle reazioni (senza e con trasferimento di elettroni). Calcoli stechiometrici e rendimento di una reazione. La nomenclatura tradizionale e quella IUPAC per le classi più comuni di composti inorganici.

Gli stati di aggregazione della materia. Lo stato gassoso: il modello del gas ideale e l'equazione di stato dei gas perfetti. Cenni alla teoria cinetica dei gas. I gas reali: l'equazione di stato di Van der Waals. Lo stato liquido e le proprietà dei liquidi: pressione di vapore e temperatura di ebollizione tensione superficiale e viscosità. Solubilità di un gas in un liquido. Le soluzioni: i diversi modi di esprimere la composizione. Lo stato solido: solidi amorfi e solidi cristallini; il reticolo cristallino e la cella elementare. Le strutture cristalline compatte: EC, CCC, CFC. Allotropia e polimorfismo; isomorfismo. Le caratteristiche principali dei vari tipi di solidi cristallini (metallici, ionici, molecolari, covalenti, a strati e catene).

Termochimica: sistemi termodinamici e variabili di stato. Il primo principio: equivalenza tra lavoro e calore; l'energia interna e l'entalpia. Calore specifico e calore molare. Le equazioni termochimiche; entalpie standard di reazione, di formazione e di combustione. La legge di Hess e sue applicazioni.

L'equilibrio chimico: Condizioni di equilibrio per una reazione chimica. La legge dell'azione di massa e la costante di equilibrio K. Legge dell'equilibrio mobile e il principio di Le Chatelier. Equilibri ionici in soluzione: autoprotolisi dell'acqua, la scala del pH. Acidi e basi secondo Arrhenius e Brönsted-Lowry. Le reazioni acido-base. La forza di un acido e quella della sua base coniugata. Calcolo del pH di soluzioni acquose di acidi e basi, forti e deboli. Relazione tra struttura e proprietà acido-base dei composti (ossidi, idrossidi e idruri). Il prodotto di solubilità; l'effetto dello ione comune sulla solubilità.

Cinetica chimica: velocità di reazione e la sua espressione. Equazioni cinetiche: ordine parziale e totale di reazione. Meccanismi di reazione e molecolarità dei processi elementari. Tempe-

ratura e velocità di reazione: l'equazione di Arrhenius; interpretazione attraverso la teoria delle collisioni molecolari. Il complesso attivato e l'energia di attivazione. I catalizzatori: catalisi omogenea e catalisi eterogenea. Applicazioni della catalisi in campo ambientale.

Modalità d'esame: prova scritta. Prova orale facoltativa.
Iscrizione nelle liste d'esame predisposte sul sito UNIWEX.

Testi Consigliati

Informazioni dettagliate sugli argomenti trattati lezione per lezione e materiale didattico di supporto verranno resi disponibili nelle pagine web del corso raggiungibili dal sito del DICASM: http://tori.ing.unibo.it/DICASM/dicasm.htm

P.W. ATKINS, L. JONES, *Chimica generale*, Zanichelli, Bologna.
R.A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di chimica per ingegneria*, CEDAM, Padova.
S.S. ZUMDAHL, *Chimica*, Zanichelli, Bologna.
P. SILVESTRONI, *Fondamenti di chimica*, Veschi, Milano.
P. CHIORBOLI, *Fondamenti di chimica*, UTET.

Per l'autovalutazione e per l'ausilio nella risoluzione degli esercizi:
R.A. MICHELIN, M. MOZZON, A. MUNARI, *Test ed esercizi di chimica*, CEDAM, Padova.
P. MANARESI, E. MARIANUCCI, *Problemi di chimica per ingegneria*, Esculapio, Bologna.

FONDAMENTI DI CHIMICA LA **BO, cds: L,T, I**
Docente: **Maurizio Toselli** prof. ass.

L'insegnamento si propone di analizzare in modo del tutto generale le proprietà dei sistemi chimici analizzando la struttura elettronica degli atomi e delle molecole e di descrivere gli aspetti principali delle reazioni chimiche (bilancio di massa, bilancio energetico, velocità di reazione, equilibrio chimico). Particolare rilievo verrà dato allo studio delle proprietà chimico-fisiche di quegli elementi e composti chimici di importanza nelle applicazioni elettroniche.

1. Struttura atomica della materia. Costituzione dell'atomo. Numero atomico, numero di massa, isotopi. Peso atomico e mole.

2. Struttura elettronica degli atomi e sistema periodico degli elementi. Cenni alla teoria dei quanti: effetto fotoelettrico, modello di Bohr e spettri atomici, onde di materia. Orbitali atomici e numeri quantici. Spin dell'elettrone, principio di esclusione di Pauli, regola di Hund. Struttura elettronica degli atomi. Il sistema periodico: gruppi, periodi e serie di transizione. Proprietà periodiche.

3. Il legame chimico nelle molecole e nei cristalli. Legame ionico e struttura dei cristalli ionici. Legame covalente: orbitali molecolari nelle molecole biatomiche. Legami semplici e legami multipli. Molecole polari e apolari. Orbitali ibridi e geometria molecolare. Legame di coordinazione. Legame metallico: teoria delle bande. Conduttori, semiconduttori e isolanti. Legami deboli.

4. Stati di aggregazione della materia. Lo stato gassoso: gas ideali, miscele di gas ideali e legge di Dalton. Lo stato liquido: pressione di vapore, soluzioni ideali e legge di Raoult. Lo stato solido: reticoli cristallini, difetti reticolari, soluzioni solide.

5. Le reazioni chimiche. Formule chimiche e momenclatura chimica. Tipi di reazioni: bilanciamento delle reazioni di ossidoriduzione. Calcoli stechiometrici.

6. Termodinamica. Energia in gioco nelle reazioni chimiche: reazioni esotermiche e endotermiche. Legge di Hess e sue applicazioni. Entropia: cenni all'interpretazione statistica e al calcolo dell'entropia mediante il III principio della termodinamica. L'energia libera e i criteri di spontaneità di una reazione chimica.

7. Cinetica chimica. Velocità di reazione. Dipendenza dalla concentrazione: equazione cinetica e ordine di reazione. Dipendenza dalla temperatura: teoria delle collisioni, energia di attivazione, fattore sterico. Catalisi omogenea ed eterogenea.

8. L'equilibrio chimico. La costante di equilibrio. Effetto delle variazioni di temperatura, pressione e concentrazione. Calcolo della composizione all'equilibrio e del rendimento di una reazione. Equilibri ionici in soluzione: dissociazione dell'acqua e pH. Acidi e basi.

9. Pile e potenziali elettrodici. Equazione di Nernst. La serie elettrochimica dei potenziali standad. Fenomeni elettrolitici e leggi di Faraday.

Modalità di esame: prova scritta eventualmente integrata da una prova orale.

Materiale didattico utile alla preparazione dell'esame sarà distribuito durante il corso e sarà inoltre reperibile collegandosi alla seguente pagina web: http://tori.ing.unibo.it/DICASM/staff/toselli/toselli.htm

Testi Consigliati

E. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di chimica per ingegneria*, Cedam, Padova.

Testi di consultazione

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di chimica*, UTET.
P.W. ATKINS, L. JONES, *Chimica generale*, Zanichelli, Bologna.
P. SILVESTRONI, *Fondamenti di chimica*, Veschi, Milano.

FONDAMENTI DI CHIMICA LB **BO, cds: L**
Docente: **Andrea Munari** prof. straord.

L'Insegnamento si propone: a) di sviluppare in modo approfondito lo studio del legame chimico e delle proprietà elettriche, ottiche e magnetiche dei solidi, in relazione alla posizione dei costituenti nel sistema periodico; b) di introdurre le nozioni fondamentali di termodinamica e cinetica chimica e di applicarle allo studio dei processi che avvengono nei materiali di interesse elettronico.

1. Struttura elettronica degli atomi e sistema periodico degli elementi. Cenni alla teoria dei quanti: effetto fotoelettrico, modello di Bohr e spettri atomici, onde di materia. Equazione di Schrödinger: la particella libera e la particella in una scatola. Orbitali atomici e numeri quantici. Struttura elettronica degli atomi: principio di Pauli e regola di Hund.. Proprietà periodiche degli elementi.

2. Struttura dei cristalli. Reticoli cristallini. Reticolo reciproco. Tecniche di diffrazione per lo studio dei cristalli. Difetti reticolari nei cristalli.

3. Legame chimico nelle molecole e nei cristalli. Strutture delle molecole più semplici: orbitali molecolari. Isolanti ionici. Orbitali ibridi e semiconduttori. Metalli: modello dell'elettrone libero. Teoria delle bande: relazione tra struttura a bande e tipo di legame. Modello di Bohr degli stati elettronici delle impurezze nei semiconduttori. Proprietà elettriche e ottiche dei materiali. Cenni ai composti dei metalli di transizione e dei lantanidi: proprietà ottiche e magnetiche.

4. Termodinamica chimica ed equilibrio chimico. Termochimica: entalpia di formazione e di combustione, energia di legame. Entropia: interpretazione statistica e calcolo dell'entropia mediante il III principio della termodinamica. Energia libera, potenziale chimico e equilibrio chimico. Applicazioni al calcolo della concentrazione dei difetti nei solidi e degli elettroni nei semiconduttori. Potenziale elettrochimico e giunzione *p-n*.

5. Cinetica chimica. Velocità di reazione. Dipendenza dalla concentrazione: reazioni monomolecolari e bimolecolari. Applicazione ai processi di ricombinazione dei portatori di carica. Dipendenza della temperatura: energia di attivazione. Processi di diffusione. Applicazione allo studio delle reazioni di ossidazione nei semiconduttori.

Testi:

Appunti a cura del docente.

FONDAMENTI DI FISICA DEI REATTORI A FISSIONE E A FUSIONE **BO, cds: N**
Docente: **Marco Sumini** prof. ass.

L'insegnamento si propone di:

a) fornire gli elementi fondamentali necessari allo studio cinetico-statistico di sistemi di particelle interagenti;
b) fornire i principi fisici che caratterizzano il funzionamento di un reattore nucleare a fissione;
c) introdurre gli elementi di fisica dei plasmi necessari per lo studio delle macchine per la fusione nucleare controllata.

La *prima parte* del corso ha lo scopo di fornire agli studenti gli elementi di meccanica statistica dei sistemi non in equilibrio e di teoria del trasporto che sono necessari per affrontare lo studio dei reattori a fissione e a fusione (tipici sistemi non in equilibrio termodinamico). Equazione di Liouville. Gerarchia di equazioni di B.B.G.K.Y. Equazioni cinetiche. Integrale di collisione di Boltzmann. Teorema H. Distribuzione Maxwelliana.

Nella *seconda parte* le equazioni ricavate nella parte precedente, ed in particolare l'equazione lineare del trasporto per i neutroni, vengono applicate per l'analisi di alcuni problemi tipici dei reattori a fissione. Problemi di rallentamento. Termalizzazione e diffusione dei neutroni. Tecniche approssimate per la soluzione dell'equazione del trasporto per i neutroni. Equazione di diffusione. Reattori termici omogenei ed eterogenei. Fattore di moltiplicazione infinito e formula dei quatto fattori. Criticità di un reattore termico. Fattore di moltiplicazione effettivo. Teoria dell'età di Fermi. Reattore termico con riflettore (schema 1 e 2 gruppi di neutroni). Introduzione alla cinetica dei reattori nucleari. Tecniche numeriche per la soluzione dell'equazione di diffusione.

La *terza parte* ha lo scopo di introdurre ed analizzare alcuni fenomeni tipici del comportamento dinamico di un plasma. In particolare vengono analizzati gli aspetti più rilevanti della modellizzazione del comportamento di un plasma in un campo elettromagnetico. Applicazione del formalismo Hamiltoniano alla descrizione del moto di una carica elettrica in un campo e.m.. Tra-

sformazioni canoniche e pseudo canoniche. Funzione di distribuzione. Teoria delle orbite. Analisi delle varie approssimazioni per lo studio della funzione di distribuzione per un sistema di particelle cariche in un campo e.m.. Lunghezza di Debye. Equazione di Vlasov. Equazione di Fokker-Planck e di Landau. Equazioni macroscopiche per una teoria a più fluidi. Fenomeni dissipativi. Coefficienti di trasporto. Resistività, coefficiente di diffusione, conducibilità termica. Propagazione di onde elettromagnetiche in un plasma. Condizioni fisiche per le reazioni termonucleari. Criterio di Lawson. Confronto fra vari tipi di sistemi proposti per il confinamento magnetico del plasma.
L'insegnamento viene completato da una serie di esercitazioni teoriche e numeriche.
Esami: una prova scritta e una prova orale.

Testi consigliati:

1) Dispense fornite dal docente.
2) G. SPIGA, P. VESTRUCCI, A. MAGNAVACCA, "Problemi di fisica del reattore nucleare", Pitagora, 1983.
3) R. BALESCU, "Transport processes in plasmas", vol. 1&2, North Holland, 1988.
4) J.J. DUDERSTADT, W.R. MARTIN, "Transport theory", J. Wiley & Sons, 1979.
5) G. BELL, S. GLASSATONE, "Nuclear reactor theory", Van Nostrand, 1970.
6) J.R. LAMARSH, "Introduction to nuclear reactor theory", Addison Wesley, 1975.
7) V. BOFFI, V.G. MOLINARI, "Fisica del reattore", Patron, 1974.

FONDAMENTI DI ELETTROTECNICA L **BO, cds: E**
Docente: **Carlo A. Borghi**, prof. straord.

La materia di insegnamento ha carattere formativo e di base per gli studi di Ingegneria Elettrica. Essa è dedicata esenzialmente ai findamenti dell'Elettromagnetismo ed ha lo scopo di fornire agli studenti un quadro sintetico delle leggi dell'elettromagnetismo stazionario e lentamente variabile. Si prendono in esame le fondamentali problematiche di campo stazionario e quasi-stazionario che si presentano nei dispositivi e nei sistemi elettrici di potenza. Si ricavano inoltre, dalla teoria dei campi, le fondamentali relazioni utilizzate dalla teoria dei circuiti.

PROGRAMMA

Calcolo vettoriale: operatori vettoriali, proprietà dei campi vettoriali.

Grandezze e leggi fondamentali dell'Elettromagnetismo: campi vettoriali ed equazioni generali dell'Elettromagnetismo in forma locale ed in forma integrale, equazioni di legame materiale, relazioni di continuità sulla superficie di separazione di due mezzi.

Elettrostatica: equazioni fondamentali, potenziale elettrico generato da una carica puntiforme e da una distribuzione di carica, equazioni di Poisson e di Laplace, teorema di unicità, regime elettrostatico per materiali conduttori ed isolanti, influenza elettrostatica, schermi elettrostatici, il condensatore, calcolo della capacità per geometrie piane e cilindriche, rigidità dielettrica, energia elettrostatica, effetti capacitivi per linee elettriche bifase e monofase,

Elettrodinamica stazionaria: campo elettrico impresso e forza elettromotrice, legge di Ohm e resistenza elettrica, principi di Kirchhoff, effetti dissipativi associati alla conduzione.

Magnetostatica: potenziale vettore, scelta di Coulomb, equazione di Poisson vettoriale, potenziale vettore generato da una distribuzione di corrente, potenziale generato da correnti filiformi, materiali ferromagnetici, ciclo di isterisi, energia magnetica e perdite per isterisi, materiali

ferromagnetici dolci e materiali ferromagnetici duri, circuiti magnetici, legge di Hopkinson e principi di Kirchhoff per i circuiti magnetici, magneti permanenti e loro dimensionamento, energia dissipata per correnti parassite, coefficienti di auto e mutua induzione, energia magnetica espressa tramite i coefficienti di auto e mutua induzione.

Forze e coppie: forza elettrostatica fra le armature di un condensatore, forza esercitata da un elettromagnete, coppia fra bobine concentriche.

Elettrodinamica quasi stazionaria: legge di Ohm generalizzata, leggi di Kirchhoff delle correnti e delle tensioni, limiti di applicabilità dell'approssimazione circuitale.

Bibbliografia

J.D. JACKSON, *Classical Electrodynamics*, John Wiley and Sons, New York, 1975.
S. BASILE, *Elettrotecnica* - Vol. II, Ed. Patron, Bologna, 1965.
M. GUARNIERI, G. MALESANI, *Elementi di Elettrotecnica: Campi Elettromagnetici*, Ed. Progetto Padova, 1999.
P. GHIGI, *Lezioni di Elettrotecnica: Campi Elettromagnetici*, Ed. UTET, Torino, 1999.
F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica Generale*, Pitagora Editrice, Bologna, 1971.
F. BAROZZI, F. GASPARINI, *Elettrotecnica Generale*, Ed. UTET, Torino, 1981.

Esame: La prova d'esame è orale.

FONDAMENTI DI INFORMATICA L — BO, cds: N

Docente: **Vittorio Colombo** prof. straord.

I. *Lezioni teoriche*

1. *Aritmetica del calcolatore ed errori in calcolo numerico.* Problema fisico, problema matematico, problema numerico ed errori di idealizzazione; sistemi di numerazione; rappresentazione dei numeri nel calcolatore; virgola mobile e numeri di macchina; errori di arrotondamento ed operazioni di macchina; errori assoluti e relativi; decimali esatti e cifre significative; cancellazione numerica; problemi numerici ed algoritmi; errori sui dati di ingresso e condizionamento di un problema numerico; errori di troncamento di un processo iterativo; stabilità di un algoritmo.

2. *Richiami sulle matrici.* Operazioni tra matrici; matrici con proprietà particolari; matrici di permutazione di righe e colonne di matrici; matrici diagonali, tridiagonali, a banda, simmetriche, a diagonale dominante; matrici non singolari; norme di vettore e di matrice; norme compatibili.

3. *Soluzione numerica di sistemi linearinon omogenei.* Richiami sulla risoluzione con metodo di Cramer; stima del numero di operazioni; condizionamento del problema; metodi diretti e metodi iterativi; matrici di tipo Vandermonde; metodi diretti: il metodo di eliminazione di Gauss; pivoting parziale; decomposizione di Gauss e fattorizzazione LU; matrici di permutazione P e matrici di combinazione lineare M; metodo della doppia passata per matrici tridiagonali; metodi iterativi: il metodo di Jacobi; il metodo di Gauss-Seidel; condizioni di convergenza; il metodo SOR; criteri di convergenza.

4. *Soluzione numerica di equazioni non lineari.* Condizionamento del problema; metodi per la ricerca di radici reali di equazioni non lineari; metodo di bisezione; metodo della "regola falsi"; metodo delle secanti; metodo delle tangenti o di Newton; ordine di convergenza di un metodo iterativo; criteri di convergenza basati sulla funzione e sulla radice; metodo iterativo della ricerca del punto fisso; condizioni per la convergenza del processo iterativo; sistemi di equazioni non lineari; metodo di Newton e sue varianti.

5. *Approssimazione di funzioni e dati.* Campi di utilizzo dei metodi di approssimazione; classi funzionali delle funzioni approssimanti insiemi di dati (sperimentali o sperimentali numerici); interpolazione polinomiale; polinomi fondamentali di Lagrange; polinomio di interpolazione di Lagrange ed errore associato; interpolazione polinomiale e matrici di Vandermonde; metodo dei minimi quadrati per la approssimazione di dati; equazioni normali del metodo.

6. *Metodi numerici per il calcolo di integrali definiti.* Formule di quadratura di tipo interpolatorio; pesi e nodi della formula di quadratura; calcolo dei pesi con sistemi di tipo Vandermonde; grado di precisione di una formula di quadratura; formule di tipo interpolatorio pesate; formule di tipo Newton-Cotes; formula dei trapezi; formula di Simpson; formule dei trapezi e Simpson ripetute su N sottointervalli; accenni alle formule di quadratura di tipo gaussiano.

II. *Esercitazioni al calcolatore*

Esercitazioni al calcolatore vengono eseguite su tutti gli argomenti del corso in ambito di programmazione con MATLAB.

Testi consigliati

Dispense del docente

MONEGATO G., *100 pagine di elementi di calcolo numerico*, Libreria Universitaria Levrotto & Bella, Torino, 1995.

FONDAMENTI DI INFORMATICA LA **BO, cds: T**

Docenti: **Michela Milano** prof. ass.

Obiettivi dell'Insegnamento

Fornire le conoscenze di base sull'architettura di un elaboratore elettronico, Saper esprimere la soluzione a un piccolo problema (algoritmo) e codificarlo in un linguaggio di programmazione (C) Saper costruire *un singolo componente software* che rispecchi una certa specifica

Programma

1) La macchina di Von Neumann, architettura di un elaboratore sequenziale.

2) Linguaggi di programmazione di alto livello. Ambienti di programmazione. Cenni sulla struttura di compilatori ed interpreti.

3) Progetto e definizione di algoritmi. Metodologie di programmazione strutturata e modulare.

4) Il linguaggio C. Variabili e costanti. Tipi scalari predefiniti. Dati e tipi di dato scalari e strutturati. Istruzioni di assegnamento e strutture di controllo. Funzioni. Iterazione e ricorsione. Meccanismi di trasferimento dei parametri. Record di attivazione. Strutture di dati. File di testo.

Esame prova di laboratorio ed esame scritto.

Bibliografia obbligatoria

Saranno disponibili copie dei lucidi con l'indicazione di riferimenti bibliografici sia al centro fotocopie della biblioteca sia su web all'indirizzo:
http://lia.deis.unibo.it/Courses/FondA0102-TLC/.

FONDAMENTI DI INFORMATICA LA

Docenti: **Paola Mello** prof. ord. — **BO, cds: I (A-L)**
Paolo Bellavista ric. — **BO, cds: I (M-Z)**

Obiettivo formativo: conoscere i principi base dell'informatica, formazione di schemi mentali e acquisizione di tecniche e metodologie per la risoluzione di problemi a livello algoritmico, usando uno specifico linguaggio di programmazione come strumento per la realizzazione concreta di questi schemi e tecniche.

Abilità in uscita: capacità di impostare il progetto e la realizzazione di un algoritmo utilizzando il C come linguaggio di programmazione. Capacità di impostare programmi secondo principi di organizzazione modulare. Il Corso è strettamente integrato con il Corso di laboratorio

Programma: concetti di base sul sistemi di elaborazione programmati e sui linguaggi macchina e sui linguaggi di programmazione ad alto livello, Il linguaggio C: valori, tipi, costanti, variabili, puntatori, istruzioni di controllo, funzioni, procedure. vettori, stringhe, liste, strutture, files. Organizzazione dei programmi sorgente su più files. Principi fondamentali di progetto e sviluppo di algoritmi. Iterazione e ricorsione. Tipi di dato astratto Organizzazione della macchina virtuale del C. Rappresentazione run-time dei programmi e del record di attivazione delle funzioni. Allocazione dinamica della memoria di scalari, strutture ed array.

Organizzazione didattica:
lezioni: 40 ore
esercitazioni 20
lavoro individuale medio previsto: 60 ore

Metodo di valutazione: durante il corso è prevista una prova intermedia per valutare in itinere se lo studente sta assimilando i concetti e sta acquisendo la capacità progettuale. Al termine del periodo didattico è prevista una prova finale, da svolgersi in aula. In tale prova occorre dimostrare di aver assimilato i principi di base e saper risolvere problemi mediante costruzione di programmi in C.

Materiale Didattico:
• Diapositive proiettate a lezione
consultabili sul sito Web e disponibili al centro fotocopie della biblioteca

Manuali Linguaggio C

KELLEY, POHL. "*C: Didattica e Programmazione*", Addison-Wesley, Milano, 1996.
BELLINI,GUIDI. "*Guida al Linguaggio C*", McGraw Hill, Milano, 1994.
H.M.DEITEL, J DEITEL. "*C; Corso Completo di Programmazione*", Apogeo, 2000.

Generali

CERI, MANDRIOLI, SBATTELLA. "*Informatica: arte e mestiere*", McGraw Hill, 1999.

FONDAMENTI DI INFORMATICA LA — BO, cds: G (A, K), P (A, K)

Docente: **Maria Rita Scalas** prof. straord.

Obiettivi dell'Insegnamento

Fornire le conoscenze di base sulla teoria della computabilità, sull'architettura di un elaboratore elettronico, sulle metodologie e sugli strumenti per la definizione, lo sviluppo la verifica di programmi.

Programma

1) Introduzione alla teoria della computabilità, classi di problemi, concetto di algoritmo, complessità, automi, automi a stati finiti, macchina di Turing.

2) La macchina di Von Neumann, architettura di un elaboratore sequenziale. Rappresentazione e manipolazione delle informazioni nei sistemi di elaborazione. Rappresentazione interna dei numeri ed errori. Codici. Algebra di Boole e Calcolo Proposizionale.

3) Linguaggi di programmazione di alto livello: sintassi e semantica. Grammatiche loro classificazione secondo Chomsky. Cenni sulla struttura di compilatori ed interpreti linguaggi di programmazione.

4) Progetto, definizione e verifica di correttezza ed analisi della complessità di algoritmi. Iterazione e ricorsione. Stili di programmazione imperativo e funzionale. Metodologie di programmazione strutturata e modulare. Strutture di dati: tecniche per l'organizzazione e la gestione di tabelle, liste, pile, code, alberi ed archivi.

5) Il linguggio C. Variabili e costanti. Tipi scalari predefiniti. Dati e tipi di dato scalari e strutturati. Istruzioni di assegnamento e strutture di controllo. Funzioni. Meccanismi di trasferimento dei parametri. Record di attivazione. Strutture di dati statiche e dinamiche. Il concetto di heap. Progetto e realizzazione di algoritmi e sistemi software.

Testi consigliati:

S. Ceri, D. Mandrioli, L. Sbattella, *Informatica Istituzioni/Ansi C*, McGraw-Hill, 1994.

Saranno inoltre disponibili copie dei lucidi e dispense con l'indicazione di altri riferimenti bibliografici.
Esame: scritto e orale.

FONDAMENTI DI INFORMATICA L **BO, cds: M (M-Z)**
Docenti: **Domiziano Mostacci** prof. ass.

– Struttura generale di un calcolatore elettronico

– Aritmetica del calcolatore ed errori in calcolo numerico: rappresentazione dei numeri nel calcolatore; virgola mobile e numeri di macchina; errori di arrotondamento ed operazioni di macchina; errori assoluti e relativi; decimali esatti e cifre significative; cancellazione numerica; errore di troncamento degli algoritmi.

– Elementi di programmazione. Metodi per l'analisi di un problema. Definizioni, proprietà e rappresentazione degli algoritmi di risoluzione – diagrammi di flusso.

– Il linguaggio FORTRAN 77. Sintassi del linguaggio – istruzioni. Organizzazione dei programmi. Tecnica per la ricerca degli errori. Cenni sulle strutture dei dati. Programmazione in FORTRAN.

– Elementi di calcolo numerico. Stabilità e sensibilità di un algoritmo; ordine di convergenza di un metodo numerico. Soluzione numerica di equazioni non lineari. Condizionamento del problema; metodi per la ricerca di radici reali di equazioni non lineari; metodo di bisezione; metodo delle tangenti o di Newton. Risoluzione di equazioni differenziali ordinarie: metodo di Eulero

semplice e modificato, metodi di Runge Kutta del I, II, III e IV ordine; metodo predittore-correttore. Risoluzione di equazioni differenziali alle derivate parziali – l'equazione del calore: metodo esplicito; metodo implicito di Crank-Nicholson. Ulteirori considerazioni sulla stabilità e l'ordine di convergenza.

Svolgimento degli esami
L'esame è costituito da una prova orale nel corso della quale lo studente dovrà dimostrare di aver compreso i principi fondamentali trattati e dovrà saperli applicare a semplici problemi di programmazione.

Testi Adottati

Appunti di calcolo elettronico, Ed. Pitagora.
T.M.R. ELLIS, *Programmazione strutturata in fortran 77*, II Ed., Ed. Zanichelli, Bologna 1999.

Testi Consigliati

G. MONEGATO, *Fondamenti di calcolo numerico*, Ed. CLUT, Torino 1998.

FONDAMENTI DI INFORMATICA LA **BO, cds: M (A-L)**
Docente: **Jorge E. Fernández** prof. ass.

Scopo del corso
– Fornire uno strumento di approccio alla risoluzione di problemi con il calcolatore
– Mettere a disposizione due linguaggi di programmazione (il FORTRAN 77 ed il C++) per la traduzione degli algoritmi di risoluzione in programmi per il calcolatore.
– Analizzare alcuni problemi semplici di calcolo numerico ed approfondire gli algoritmi che li risolvono.

Programma:
– Struttura generale di un calcolatore elettronico. Il sistema operativo.
– Elementi di programmazione. Metodi per l'analisi di un problema. Definizioni, proprietà e rappresentazione degli algoritmi di risoluzione.
– Il linguaggio FORTRAN 77. Organizzazione dei programmi. Tecnica per la ricerca degli errori. Cenni sulle strutture dei dati.
– Il linguaggio C++. Organizzazione dei programmi. Cenni sulle strutture dei dati.
– Elementi di calcolo numerico. Tipi di errori. Differenziazione numerica. Integrazione numerica. Calcolo degli integrali (metodi dei trapezi, di Simpson, di Gauss-Legendre, di Monte Carlo). Errori nel calcole dell'integrale. Zeri di una funzione (metodo di bisezione, delle tangenti, della falsa posizione, delle corde).
Le lezioni vengono integrate con una serie di esercitazioni pratiche con il calcolatore.

Sito ufficiale del corso
Ulteriori informazioni e dispense on-line si possono trovare presso il sito:
http://fimecc.ing.unibo.it

Modalità di esame:

L'esame è composto di una prova scritta, consistente nello sviluppo di un programma FORTRAN su uno degli algoritmi studiati durante il corso con verifica di esecuzione sul calcolatore, e di una interrogazione orale sugli argomenti del corso.

Testi obbligatori

G. AGUZZI, M.G. GASPARO, M. MACCONI, *Fortran 77. Uno strumento per il calcolo scientifico*, Pitagora Editrice, Bologna.

Testi integrativi

G. MONEGATO, *Fondamenti di calcolo numerico*, Levrotto e Bella, Torino.

W. PRESS, S.A. TEUKOLSKY, W.J. VETTERLING, B.P. FLANNERY, *Numerical recipes in fortran. The art of scientific computing*. 2nd Ed, Cambridge University Press, 1992.

FONDAMENTI DI INFORMATICA LA **BO, cds: G(L-Z), P(L-Z)**

Docente: **Wilma Penzo** ric.

Obiettivi dell'insegnamento

Il corso presenta le nozioni fondamentali dell'architettura dei calcolatori, l'organizzazione e i servizi messi a disposizione dalle reti (Internet e World Wide Web), i limiti e le potenzialità della rappresentazione dell'informazione in forma digitale.

Inoltre il corso ha lo scopo fondamentale di introdurre i concetti alla base del ragionamento "algoritmico" per la risoluzione dei problemi, istruendo gli studenti alla scelta degli strumenti più adeguati per una gestione corretta ed efficiente dell'informazione. Questa attività viene supportata e sperimentata attraverso i fondamenti della programmazione.

Programma

Architettura dei sistemi di elaborazione

Struttura generale di un calcolatore elettronico. La macchina di Von Neumann. Supporti di memorizzazione. La rappresentazione delle informazioni nei sistemi di elaborazione.

Software di base per sistemi di elaborazione

Il sistema operativo. Strumenti per la programmazione: editor, debugger, compilatori e interpreti. Fasi di sviluppo di un programma.

Informatica distribuita

Sistemi distribuiti e reti di calcolatori. Internet e il World Wide Web.

Elementi di programmazione

Metodi per l'analisi di un problema. Algoritmi. Metodologie di programmazione strutturata e modulare. Iterazione e ricorsione.

Linguaggi di programmazione

I linguaggi di programmazione e cenni alla loro evoluzione. Sintassi e semantica.

Il linguaggio C

Il linguaggio C. Alfabeto e sintassi. Tipi di dato scalari e strutturati. Espressioni. Dichiarazione di costanti, variabili e loro tipo. Istruzioni di assegnamento e di ingresso/uscita. Istruzioni com-

poste, condizionali e cicli. Funzioni. Tecniche di passaggio dei parametri. Regole di visibilità e tempo di vita. Record di attivazione. Librerie standard. Stringhe. Vettori e matrici.

Modalità di esame

Prova scritta e prova orale integrativa

Testi di riferimento

Dispense fornite dalla docente

S. CERI, D. MANDRIOLI, L. SBATTELLA. *Informatica – arte e mestiere*. McGraw-Hill, 1999.

H.M. DEITEL, P.J. DEITEL. *C Corso completo di programmazione*. Apogeo, 2000.

FONDAMENTI DI INFORMATICA LB **BO, cds: I (M-Z)**

Docente: **Rebecca Montanari** ric.

Scopo dell'Insegnamento

Fornire i concetti e le metodologie per l'analisi, la specifica e il progetto di sistemi software basati sul paradigma ad oggetti, con specifico riferimento ai costrutti linguistici del linguaggio Java.

Programma

Concetti fondamentali dei linguaggi di programmazione. Famiglie di linguaggi imperativi, funzionali, logici e a oggetti. Introduzione alla progettazione del software: componenti software, tipi di dato astratto, relazione fra concetti, metodologie e linguaggi. Introduzione alla programmazione ad oggetti e al linguaggio Java: componenti software, tipi di dato astratto, classi e istanze, meccanismi di costruzione-distruzione di istanze. Oggetti composti, ereditarietà semplice e multipla, polimorfismo e genericità. Classi astratte, interfacce. Il concetto di eccezione. Elementi di base per la costruzione di interfacce grafiche: concetto di evento e programmazione event-driven. Gestione dell'I/O. Specifica e progetto orientati agli oggetti e realizzazione in C e Java.

Esame

La prova d'esame consiste in una prova di laboratorio eventualmente integrata da una prova orale.

Bibliografia obbligatoria

Sono disponibili sul sito Web del corso (http://lia.deis.unibo.it/Courses/) copia delle diapositive proiettate e discusse a lezione a cura del docente, nonché alcune dispense integrative; un elenco esaustivo di testi di riferimento e manuali è consultabile sia sul sito Web, sia sulle diapositive. Il sito fornisce inoltre suggerimenti per ulteriori esercizi e approfondimenti.

FONDAMENTI DI INFORMATICA LB **BO, cds: I (A-E)**

Docente: **Enrico Denti** prof. ass.

Scopo dell'Insegnamento

Fornire i concetti e le metodologie per l'analisi, la specifica e il progetto orientati agli oggetti di sistemi software, con specifico riferimento ai costrutti linguistici del linguaggio Java.

Programma

Concetti fondamentali dei linguaggi di programmazione. Famiglie di linguaggi imperativi, funzionali, logici e a oggetti. Introduzione alla progettazione del software: componenti software, tipi di dato astratto. Concetti, metodologie e linguaggi. Introduzione alla programmazione ad oggetti e al linguaggio Java: componenti software in Java, classi e istanze, meccanismi di costruzione-distruzione di istanze. Oggetti composti, ereditarietà, polimorfismo e genericità. Classi astratte, interfacce: il ruolo delle interfacce nel progetto e loro relazione con le classi. Ereditarietà semplice e multipla fra interfacce. Il concetto di eccezione. Elementi di base per la costruzione di interfacce grafiche: concetto di evento e programmazione event-driven. Stream di I/O, cenni alle applicazioni di rete. Principali strutture dati: specifica e progetto orientati agli oggetti e realizzazione in C e Java.

Esame

La prova d'esame consiste in una prova di laboratorio eventualmente integrata da una prova orale.

Bibliografia

Sono disponibili sul sito Web del corso (http://lia.deis.unibo.it/Courses/) copia delle diapositive proiettate e discusse a lezione a cura del docente, nonché alcune dispense integrative; un elenco esaustivo di testi di riferimento e manuali è consultabile sia sul sito Web, sia sulle diapositive. Il sito fornisce inoltre suggerimenti per ulteriori esercizi e approfondimenti.

FONDAMENTI DI INFORMATICA LB **BO, cds: L, T, E**

Docente: **Enrico Lodolo** prof. inc.

Scopo dell'Insegnamento

Fornire i concetti e le metodologie per la progettazione e la programmazione orientate agli oggetti di sistemi software, con specifico riferimento ai costrutti linguistici del linguaggio Java.

Programma

Concetti fondamentali dei linguaggi di programmazione. Famiglie di linguaggi imperativi, funzionali, logici e a oggetti. Introduzione alla progettazione del software: moduli e tipi di dato astratto, relazione fra concetti, metodologie e linguaggi. Introduzione alla programmazione ad oggetti e al linguaggio Java: classi e istanze, meccanismi di costruzione-distruzione di istanze. Oggetti composti, ereditarietà semplice e multipla, polimorfismo e genericità. Classi astratte e interfacce. Il concetto di eccezione. Elementi di base per la costruzione di interfacce grafiche: concetto di evento e programmazione event-driven. Stream di I/O, cenni alle applicazioni di rete.

Principali strutture dati: specifica e progetto orientati agli oggetti e realizzazione in Java.

Esame

La prova d'esame consiste in una prova di laboratorio eventualmente integrata da una prova orale.

Bibliografia

Sono disponibili sul sito Web del corso (http://lia.deis.unibo.it/Courses/) copia delle diapositive proiettate e discusse a lezione a cura del docente, nonché alcune dispense integrative; un

elenco esaustivo di testi di riferimento e manuali è consultabile sia sul sito Web, sia sulle diapositive. Il sito fornisce inoltre suggerimenti per ulteriori esercizi e approfondimenti.

FONDAMENTI DI INFORMATICA LB **BO, cds: G**
Docente: **Marco Patella** ric.

Obiettivi dell'Insegnamento:
Fornire le conoscenze di base sulle strutture dati con specifico riferimento al linguaggio C. Introduzione allo studio della complessità di un algoritmo.

Programma:
1) Il concetto di variabile in C. Variabili automatiche. Variabili dinamiche.
2) Il concetto di file. File di testo. File binari.
3) Complessità. Complessità spaziale e temporale. Complessità in passi base. Complessità asintotica. Studio della complessità per alcuni algoritmi di base.
4) Programmazione modulare. Studio e realizzazione dell'interfaccia di un modulo. Realizzazione del corpo di un modulo. Utilizzo dei moduli in C.
5) Strutture informative: generalità. Implementazione di liste. Implementazione di liste ordinate. Implementazione di code. Implementazione di pile. Implementazione di alberi binari di ricerca. Implementazione di tabelle. Studio della complessità delle operazioni di base sulle strutture informative.
6) Introduzione ai sistemi informativi.
Esame: prova scritta eventualmente integrata da una prova orale.

Testi Consigliati:

Sono disponibili sul sito Web del corso (http://www-db.deis.unibo.it/courses/FIL-B/) copia delle diapositive proiettate e discusse a lezione a cura del docente, nonché alcune dispense integrative; un elenco esaustivo di testi di riferimento e manuali è consultabile sia sul sito Web, sia sulle diapositive. Il sito fornisce inoltre suggerimenti per ulteriori esercizi e approfondimenti.

FONDAMENTI DI INFRASTRUTTURE VIARIE **BO, cds: C**
Docente: **Gianfranco Marchi** ass. ord.

1) *Intersezioni stradali*
Punti di conflitto principali e secondari. Le zone di intreccio. Classificazione delle intersezioni. Intersezioni a raso. Canalizzazioni. Visibilità. Intersezioni a tre rami, a quattro rami, a cinque o più rami. Le rotatorie a raso. Corsie di accelerazione e decelerazione. Intersezioni a livelli separati. Caratteristiche plano-altimetriche delle rampe. Curve di raccordo e curve di ciglio nelle rampe e nelle corsie di variazione della velocità. Principali tipi di svincolo: trombetta, rombo, quadrifoglio parziale; quadrifoglio complesso, svincolo direzionale, svincolo a quattro livelli, rotatorie a livelli separati. Norme del C.N.R. sulle caratteristiche geometriche e di traffico delle intersezioni stradali urbane.

2) *Infrastrutture viarie urbane*

Classificazione funzionale delle strade urbane. Caratteristiche geometriche. Le norme del C.N.R. sulle caratteristiche geometriche delle strade urbane. I piani urbani del traffico e della mobilità. Gli spazi per lo stazionamento dei veicoli stradali: sosta, parcheggio, ricovero. parcheggi a raso e multipiano. Le infrastrutture per i trasporti collettivi: ferrovie metropolitane, sistemi innovativi di trasporto in sede propria; stazioni ed autostazioni.

FONDAMENTI DI INGEGNERIA ELETTRICA L **BO, cds: Q**

Docente: **Andrea Cristofolini** prof. ass.

Campi Elettromagnetici

Richiami sui principali operatori vettoriali. Definizioni fondamentali. Equazioni di Maxwell in forma ed integrale. Dalla teoria dei campi alla teoria dei circuiti.

Elettrostatica

Equazioni di Laplace e di Poisson, problema generale dell'elettrostatica, matrice di capacità, condensatori

Circuiti Elettrici

Reti e circuiti a parametri concentrati. Leggi di Kirkhhoff. Principali elementi circuitali: resistenze, induttori, condensatori, generatori indipendenti di tensione e di corrente. Regimi stazionari. Serie e parallelo di resistenze. Trasformazioni triangolo - stella. Metodi di studio dei circuiti elettrici. Metodo delle equazioni di Kirkohhoff. Metodo dei potenziali di nodo. Metodo delle maglie. Pincipio di sovrapposizione degli effetti. Teorema di Tellegen. Teoremi di Thevenin e di Norton. Regimi transitori. Circuiti RC, LC, RLC. Stato iniziale dei componenti con memoria. Regimi sinusoidali. Legge di Ohm simbolica e concetto di impedenza. Leggi di Kirkhhoff simboliche. Studio di circuiti in regime sinusoidale mediante il metodo simbolico. Potenza in regime sinusoidale. Rifasamento. Sistemi trifase. Utilizzatori a stella ed a triangolo. Utilizzatori equilibrati e squilibrati. Potenza assorbita da un utilizzatore trifase. Trifase con neutro.

Magnetostatica

Proprietà magnetiche della materia, materiali diamagnetici, paramagnetici e ferromagnetici, circuiti magnetici, coefficienti di auto e mutua induzione

Principi di conversione elettromeccanica dell'energia

Bilanci energetici in sistemi elettromeccanici, calcolo di forze e coppie in sistemi elettromeccanici.

Macchine elettriche

Generalità. Circuiti magnetici. Legge di Hopkinson. Fenomeni di perdita nelle macchine elettriche.

Il trasformatore. Principio di funzionamento. Ipotesi di campo. Equazioni interne ed esterne. Circuiti equivalenti. Funzionamento a vuoto ed in corto circuito. Misura del rendimento.

Campo magnetico rotante

Macchine asincrone. Principio di funzionamento. Equazione interne ed esterne. Teorema di equivalenza. Caratteristica meccanica ed elettromeccanica.

Macchine sincrone. Principio di funzionamento. Equazione interne ed esterne.

Macchine a corrente continua. Principio di funzionamento. F.e.m. indotta alle spazzole. Reazione d'armatura. Commutazione. Caratteristica meccanica ed elettromeccanica. Dinamo.

Impianti elettrici. Generalità sugli impianti elettrici e loro costituzione. Cenni sulle centrali elettriche e sulle fonti energetiche, linee elettriche, dispositivi di manovra e protezione, cenni sulla sicurezza elettrica, impianto di terra

FONDAMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE LS — BO, cds: I

Docente: **Paola Mello** prof. ord.

Obiettivi

1. Presentare i concetti principali e i metodi che stanno alla base della risoluzione di problemi di Intelligenza Artificiale (con particolare riferimento a sistemi basati sulla conoscenza e metodologie basate sulla logica).
2. Introdurre il linguaggio Prolog come motore di inferenza basato sulla logica.
3. Introdurre i sistemi Esperti

Programma

1. Introduzione all'Intelligenza Artificiale
   - o Un po' di storia;
   - o I principali campi applicativi;
   - o I sistemi basati sulla conoscenza e i loro principi architetturali.
2. Risoluzione di problemi
   - o Spazio degli stati
   - o Metodi di soluzione Forward e backward
   - o Strategie di ricerca (non informate ed euristiche)
   - o Giochi
   - o Propagazione di vincoli
3. Rappresentazione della conoscenza
   - o Logica dei predicati del primo ordine (esemplificazione con risolutore Prolog)
   - o Regole di produzione (e sistemi di produzioni)
   - o Il concetto di oggetto (Reti semantiche, frames, sistemi a oggetti e ereditarieta`)
4. Linguaggi per Intelligenza Artificiale: PROLOG
   - o L'evoluzione dei linguaggi di programmazione
   - o Dalla logica alla programmazione logica
   - o Il linguaggio PROLOG come risolutore
5. I Sistemi Basati sulla Conoscenza
   - o Come si sviluppa un Sistema Basato sulla Conoscenza
   - o Ambienti software per lo sviluppo di Sistemi Esperti

Testi consigliati per Intelligenza Artificiale:

E. RICH, K. KNIGHT: *Intelligenza Artificiale*, McGraw Hill, Seconda Edizione 1992.
S. J. RUSSEL, P. NORVIG: *Intelligenza Artificiale: Un approccio moderno*, Prentice Hall International, UTET Libreria, 1998.
E. CHARNIAK, D. MCDERMOTT, *Introduzione all'Intelligenza Artificiale*, Masson, 1988.
M.GINSBERG: *Essentials of Artificial Intelligence*, Morgan Kaufman,1993.

P. H. WINSTON: *Artificial Intelligence: Third Edition*, Addison-Wesley, 1992.

Testi consigliati per PROLOG:

L.CONSOLE, E.LAMMA, P.MELLO, M.MILANO: *Programmazione Logica e Prolog*, Seconda Edizione UTET, 1997

I. BRATKO: *Programmare in Prolog per l'Intelligenza Artificiale*, Masson e Addison-Weslay, 1988.

Modalità d'esame

L'esame si compone di una prova scritta e di un orale facoltativo in cui gli studenti sono incoraggiati a portare un approfondimento su uno dei temi del corso corredato del relativo codice. La prova scritta verte su:

1. Esercizi e domande teoriche su tutti gli argomenti trattati nel corso. Non sarà possibile consultare libri o appunti.

Facoltativamente, si può portare all'orale una esercitazione pratica su un argomento del corso.

Materiale (lucidi, dispense, software) e maggiori dettagli sul corso disponibile sul server all'indirizzo: http://www.lia.deis.unibo.it/Courses/AI/2002-03/

FONDAMENTI DI MECCANICA DELLE MACCHINE L **BO, cds: U**

Docente **Umberto Meneghetti** prof. ord.

Obbiettivo: Fornire le conoscenze di base per l'analisi funzionale delle macchine e dei meccanismi, con particolare riguardo ai problemi tribologici, cinematici, cinetostatici e dinamici.

PROGRAMMA DEL CORSO

Composizione dei meccanismi. Macchina e meccanismo. Elementi cinematici e coppie cinematiche. Gradi di libertà di un meccanismo nel piano e nello spazio.

Rendimento meccanico. Forze agenti sui membri di un meccanismo. Lavoro delle forze. Equazione dei lavori. Rendimento meccanico. Rendimento di macchine in serie e in parallelo. Moto retrogrado.

Attrito e usura. Forze di contatto. Attrito di strisciamento. Lavoro delle forze d'attrito. Leggi dell'attrito. Teoria elementare dell'attrito di strisciamento. Lubrificazione limite. Attrito di rotolamento. Usura. Tipi di usura e leggi dell'usura. L'attrito nelle coppie cinematiche. Coppia prismatica, piano inclinato, coppia rotoidale, coppia elicoidale. Distribuzione delle pressioni di contatto: coppia rotoidale di spinta e coppia rotoidale portante. Applicazioni di elementi rotolanti. Trasporto con rulli. Cuscinetti a rulli. Comportamento delle ruote nella locomozione.

Lubrificazione. Tipi di lubrificazione. Giustificazione intuitiva della portanza nella lubrificazione idrodinamica e nella lubrificazione fluidostatica.

I sistemi articolati piani. Applicazioni di cinematica: centro di istantanea rotazione, polari del moto, tracciamento di traiettorie. Analisi cinematica per via grafica. Analisi cinetostatica per via grafica. Analisi cinematica per via analitica. Analisi cinetostatica per via analitica. Esempi di sistemi articolati e loro impieghi particolari. Sintesi grafica del manovellismo di spinta e del quadrilatero articolato.

Ruote dentate. Profili coniugati. Profili ad evolvente. Proporzionamento delle dentature. Den-

tiera di riferimento. Arco d'azione e continuità del moto. Interferenza dei profili. Cenni sulla fabbricazione delle ruote dentate. Generazione per inviluppo. Ruote dentate a denti elicoidali. Ruote dentate coniche. Coni primitivi. Primitive sferiche. Ruota conico-piana. Coppia vite senza fine – ruota a denti elicoidali. Rotismi ordinari. Rapporto di trasmissione. Rotismi epicicloidali. Formula di Willis. Rotismi differenziali.

Organi flessibili. Gli organi flessibili. Puleggia fissa e puleggia mobile. Paranco. Freni a nastro ordinari e differenziali. Rapporto fra le tensioni nei due rami. Forza necessaria per generare il momento frenante desiderato. Trasmissioni a cinghie piatte. Velocità dei rami di cinghia. Rapporto fra le tensioni nei due rami. Cinghie trapezoidali. Montaggio delle cinghie. Lunghezza della cinghia. Cenni sulla trasmissione a catena.

Dinamica delle macchine. Azioni d'inerzia risultanti in un membro rigido nel moto piano. Espressione generale dell'energia cinetica di un membro rigido nel moto piano. Dinamica del manovellismo di spinta. Azioni d'inerzia risultanti e loro equlibramento. Regime periodico e grado di irregolarità. Calcolo del momento d'inerzia del volano.

Vibrazioni meccaniche. Sistemi vibranti e loro modellazione. Vibrazioni libere e forzate di un sistema vibrante smorzato con un solo grado di libertà. Risposta armonica. Eccitazione proporzionale al quadrato della pulsazione. Sospensione di una massa vibrante. Sospensioni sismiche. Sismografo e accelerometro. Sistemi vibranti a due gdl.

Dinamica dei rotori. Squilibrio statico e dinamico di un rotore. Equilibramento su due piani. Risposta del rotore di Jeffcott allo squilibrio statico. Velocità critica flessionale.

Modellazione elastodinamica. Riduzione delle masse e delle molle. La modellazione elastodinamica. Modellazione elastodinamica di una trasmissione meccanica.

Testo consigliato

E. FUNAIOLI, A. MAGGIORE, U. MENEGHETTI, *Lezioni di Meccanica applicata alle macchine*, Vol. I e Vol. II. Pàtron Editore, Bologna.

FONDAMENTI DI RICERCA OPERATIVA LA — BO, cds: P

Docente: **Paolo Toth** prof. ord.

Programma

Il modulo si propone di introdurre la modellizzazione matematica dei processi decisionali e le principali metodologie di tipo quantitativo per la loro risoluzione. Presenta numerosi esempi applicativi e prevede attività di laboratorio al calcolatore. Il modulo sviluppa i seguenti argomenti.

1. I processi decisionali: decisori, obiettivi, informazioni. La modellizzazione. Formulazione di un problema di ottimizzazione: variabili decisionali, funzioni obiettivo, vincoli. Classi di problemi: continui-discreti, lineari-non lineari. Classi di algoritmi: esatti, approssimati, euristici, di ricerca locale.
2. Simulazione numerica di sistemi discreti. Descrizione statica e dinamica di un sistema. Metodi della programmazione degli eventi e della interazione dei processi. Definizione di modelli di simulazione, progettazione degli esperimenti ed uso della simulazione come strumento decisionale.
3. La programmazione lineare. Formulazione di problemi lineari e loro proprietà. Cenni sull'algoritmo del simplesso e sulla teoria della dualità. Analisi di sensitività. Utilizzo di software commerciale: esame dei principali pacchetti, interpretazione degli output.

4. Introduzione alla programmazione lineare intera: modelli e rilassamenti, algoritmi esatti, algoritmi euristici.
5. Ottimizzazione su grafi: principali definizioni e proprietà. Ricerca di cammini ottimi. Cammini critici. Alberi di copertura. Reti di flusso: flusso massimo.
6. Applicazioni: problemi del "knapsack", del "set covering" e del commesso viaggiatore.

Testi consigliati:

Dispense a cura del docente (distribuite durante le lezioni).

Testi per consultazione:

M. FISCHETTI, *Lezioni di Ricerca Operativa*, Edizioni Libreria Progetto, Padova, 1995.
S. MARTELLO, *Lezioni di Ricerca Operativa*, III Edizione, Progetto Leonardo, Bologna, 1998.
S. MARTELLO, D. VIGO, *Esercizi di Simulazione Numerica*, II Edizione, Progetto Leonardo, Bologna, 1999.

Propedeuticità consigliate: moduli di Fondamenti di Informatica L-A, L-B e Geometria e Algebra L.

FONDAMENTI DI RICERCA OPERATIVA L **BO, cds: G**
Docente: **Alberto Caprara** prof. ass.

Programma

Il modulo si propone di introdurre la modellizzazione matematica dei processi decisionali e le principali metodologie di tipo quantitativo per la loro risoluzione. Presenta numerosi esempi applicativi e prevede attività di laboratorio al calcolatore. Il modulo sviluppa i seguenti argomenti.

1. I processi decisionali: decisori, obiettivi, informazioni. La modellizzazione. Formulazione di un problema di ottimizzazione: variabili decisionali, funzioni obiettivo, vincoli. Classi di problemi: continui-discreti, lineari-non lineari. Classi di algoritmi: esatti, approssimati, euristici, di ricerca locale.
2. Simulazione numerica di sistemi discreti. Descrizione statica e dinamica di un sistema. Metodi della programmazione degli eventi e della interazione dei processi. Definizione di modelli di simulazione, progettazione degli esperimenti ed uso della simulazione come strumento decisionale.
3. La programmazione lineare. Formulazione di problemi lineari e loro proprietà. Cenni sull'algoritmo del simplesso e sulla teoria della dualità. Analisi di sensitività. Utilizzo di software commerciale: esame dei principali pacchetti, interpretazione degli output.
4. Introduzione alla programmazione lineare intera: modelli e rilassamenti, algoritmi esatti, algoritmi euristici.
5. Ottimizzazione su grafi: principali definizioni e proprietà. Ricerca di cammini ottimi. Cammini critici. Alberi di copertura. Reti di flusso: flusso massimo.
6. Applicazioni: problemi del "knapsack", del "set covering" e del commesso viaggiatore.

Testi consigliati:

Dispense a cura del docente (distribuite durante le lezioni).

Testi per consultazione:

M. FISCHETTI, *Lezioni di Ricerca Operativa*, Edizioni Libreria Progetto, Padova, 1995.
S. MARTELLO, *Lezioni di Ricerca Operativa*, III Edizione, Progetto Leonardo, Bologna, 1998.
S. MARTELLO, D. VIGO, *Esercizi di Simulazione Numerica*, II Edizione, Progetto Leonardo, Bologna, 1999.

Propedeuticità consigliate: moduli di Fondamenti di Informatica L-A, L-B e Geometria e Algebra L

FONDAMENTI DI RICERCA OPERATIVA LA **BO, cds: T,L,I**
Docente: **Silvano Martello**, prof. ord

Finalità del corso

Introdurre le teorie e le metodologie algoritmiche per la soluzione dei problemi decisionali che si presentano, in ambito sociale ed industriale, quando si debbono gestire e coordinare in modo ottimale attività e risorse disponibili in quantità limitata.

Programma

1. Programmazione lineare
   1.1 Programmazione matematica; programmazione convessa.
   1.2 Forma generale, canonica e standard di un problema di programmazione lineare.
   1.3 Algoritmo del simplesso: soluzioni base, interpretazione geometrica, organizzazione del "tableau", criterio di ottimalità, degenerazione.
   1.4 Soluzione base iniziale: metodo delle due fasi.
   1.5 Programmazione lineare intera (cenni)

2 Teoria dei grafi
   2.1 Definizioni fondamentali.
   2.2 Problema del più corto albero ricoprente: algoritmo di Prim.
   2.3 Problemi di cammini minimi: algoritmo di Dijkstra.
   2.4 Problemi di flusso: algoritmo di Ford e Fulkerson per il problema del flusso massimo.

3 Complessità (cenni):
   3.1 Complessità degli algoritmi.
   3.2 Algoritmi polinomiali ed algoritmi esponenziali.
   3.3 Algoritmi approssimati.

Propedeuticità consigliate: Fondamenti di informatica, Geometria e algebra.

Testi consigliati:

S. MARTELLO, *Lezioni di Ricerca Operativa*, Esculapio (progetto Leonardo), Bologna, 2000.
S. MARTELLO, D. VIGO, *Esercizi di Ricerca Operativa*, Esculapio (progetto Leonardo), Bologna, 1999.
Esami: consistono in una prova scritta ed una orale.

FONDAMENTI DI RICERCA OPERATIVA LB **BO, cds: G**
Docente: **Daniele Vigo** prof. ass.

Programma

Il corso fornisce il supporto teorico alle metodologie presentate nel corso di Fondamenti di Ricerca Operativa L-A.

1. Complementi di ottimizzazione lineare ed intera: Forma canonica e standard di un problema di ottimizzazione lineare. Soluzioni ammissibili e soluzione base. Algoritmo del simplesso: interpretazione geometrica, criterio di ottimalità, degenerazione, determinazione di una soluzione base iniziale. Teoria della dualità: problema duale, algoritmo del simplesso duale. Analisi di sensitività. Algoritmo del simplesso duale e metodo branch and bound. Algoritmo cutting plane per ottimizzazione intera.

2. Complementi di problemi polinomiali su grafi: Problemi di alberi: alberi ricoprenti a costo minimo. Problemi di flusso su rete: flusso massimo. Tecniche reticolari per la pianificazione dei progetti. Metodo del cammino critico.

3. Introduzione alla complessità computazionale: Classificazione e definizione dei problemi computazionali. Classi P ed NP. Trasformazioni Polinomiali. Problemi NP-completi

Organizzazione ed esami

Il corso prevede lezioni in aula ed esercitazioni in aula. L'esame prevede una prova scritta ed una prova orale integrativa.

Testi consigliati

Dispense a cura del docentI (distribuite durante le lezioni e/o disponibili in rete).
S. MARTELLO, D. VIGO, *Esercizi di ricerca operativa*, Progetto Leonardo, Bologna, 1999.

Testi per consultazione:

S. MARTELLO, *Lezioni di ricerca operativa*, Progetto Leonardo, Bologna, 2002.
M. FISCHETTI, *Lezioni di ricerca operativa*, Edizioni Libreria Progetto, Padova, 1995.
M. DELL'AMICO, *120 esercizi di ricerca operativa*, Bologna, Pitagora, 1996.
C. H. PAPADIMITRIOU, K. STEIGLITZ, *Combinatorial Optimization: Algorithms And Complexity*, Englewood Cliffs (NJ), Prentice-Hall, 1982.

FONDAMENTI E APPLICAZIONI DELL'ENERGIA NUCLEARE L **BO, cds: N**
Docente: **Tullio Trombetti** prof. ord.

Il corso è dedicato ai fondamenti dell'ingegneria delle radiazioni e dei plasmi e introduce alle principali applicazioni energetiche e tecnologiche.

Contenuto del corso.

Introduzione all'ingegneria nucleare: radiazioni, energia, plasmi, tecnologia, applicazioni, protezioni.

Sintetiche nozioni propedeutiche di fisica atomica e nucleare.

Interazione tra radiazione e materia. Interazioni neutroniche. Sezioni d'urto. Raggi g. Particelle cariche.

Diffusione e moderazione neutronica. Legge di Fick, equazione di diffusione, soluzioni elementari. Lunghezza di diffusione. Rallentamento e termalizzazione dei neutroni. Temperatura e distribuzione dei neutroni termici.

Reattori nucleari ed energia nucleare. La catena di fissione. Il combustibile nucleare. Conversione e fertilizzazione.

Teoria elementare del reattore nucleare, Criticità e coefficiente di moltiplicazione. Modelli a un gruppo. Reattori termici e formula dei quattro fattori.

Nozioni elementari di teoria cinetica dei gas.

Processi collisionali nei gas ionizzati. Sezioni d'urto

Nozioni introduttive sui plasmi. Lo stato di plasma.

Caratterizzazione fisica dei plasmi per la fusione termonucleare controllata. Problematiche applicative. Caratterizzazione fisica dei plasmi termici e dei plasmi in non equilibrio. Cenni sulle potenzialità applicative.

Testi di riferimento

B. MONTAGNINI - *Lezioni di Fisica del Reattore Nucleare* - Università di Pisa, 1983.

J. LAMARSH, A.J. BARATTA - *Introduction to Nuclear Engineering*, 3rd edition. Prentice Hall, 2001.

F.F. CHEN - *Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion*, 2nd Ed., Vol. 1, Plenum Press 1984.

M. BOULOS - *Thermal Plasmas*, Plenum Press.

B. CHAPMAN - *Glow Discharge Processes*, J. Wiley & Sons 1980.

FONDAMENTI E APPLICAZIONI DI GEOMETRIA DESCRITTIVA L CE, cds: dud

Docente: **Franco Anselmi** prof. inc.

Il corso si propone di indirizzare l'allievo all'impiego delle tecniche e dei metodi per la rappresentazione grafica ai fini delle problematiche analitiche, progettuali e sintetiche proprie dell'Ingegneria Edile.

Attraverso le *lezioni frontali*, le *esercitazioni* e l'attività del *Laboratorio di disegno di architettura* si intende sviluppare una consapevolezza della forma, del grado di istruzione visiva e della capacità di pensare in maniera astratta e analitica al fine di rendere espliciti e chiari tali pensieri.

Il disegno, tecnico e a mano libera, è inteso non come il mero processo meccanico di notazioni grafiche, ma il mezzo comunicativo a livello esplicativo e progettuale per la rappresentazione grafica di qualsiasi oggetto nel piano e nello spazio.

Programma

Il disegno tecnico e quello a mano libera.

Finalità, strumenti, attrezzature, norme ed unificazioni, tecniche di riproduzione dei disegni.

Il disegno di figure geometriche piane e di solidi semplici.

Scale di rappresentazione.

I rapporti di scala più appropriati alle finalità documentative; le problematiche insite nella rappresentazione alle varie scale.

La geometria proiettiva grafica.

Trasformazioni, proiettività, prospettività, omologia.

Proiezioni ortogonali.

Metodo della doppia proiezione ortogonale di Monge. Metodi di proiezione multipli.

Enti geometrici fondamentali: punto, retta, piano, figure geometriche piane.
Punti, rette e piani in posizione particolare.
Condizioni di appartenenza, parallelismo, ortogonalità.
Ribaltamento di rette, piani e figure geometriche: vera forma e vera lunghezza.
Prismoidi e cilindroidi: sezioni piane; innesti, raccordi e sviluppi.
Superfici semplici e complesse: rigate, di rotazione, elicoidali
Proiezioni oblique
Teoria delle ombre ed applicazioni al disegno tecnico.
Ombre tecniche.
Proiezioni assonometriche
Elementi di riferimento.
Assonometria ortogonale: il triangolo delle tracce ed i rapporti di riduzione dell'unità di misura; rappresentazione degli enti geometrici fondamentali.
Assonometria obliqua: il teorema di Pohlke-Schwarz.
Assonometria obliqua cavaliera.
Rappresentazione degli enti geometrici fondamentali; condizioni di appartenenza; condizioni di parallelismo; applicazioni e problemi grafici.
Criteri generali sulla teoria delle ombre nella rappresentazione assonometrica.
Proiezioni centrali: la prospettiva
Elementi di riferimento.
Enti geometrici fondamentali (rette, punti, piani in posizione particolare; piani proiettanti; retta e piano generico).
Condizioni di appartenenza, di parallelismo, di perpendicolarità.
Punti di misura (di una retta sul geometrale; di rette perpendicolari al quadro; di rette parallele al quadro; di rette generiche su piano generico; di rette generiche su piano verticale).
Problemi di misura (misura di angoli).
I tipi di prospettiva (a quadro verticale; a quadro orizzontale; a quadro obliquo).
Metodi risolutivi (punti di fuga; punti di misura; piani proiettanti; ribaltamento ecc.); spostamento del geometrale; cono ottico; accorgimenti per impostare correttamente una prospettiva.
Applicazioni: prospettiva a quadro verticale, a quadro orizzontale, a quadro inclinato, metodo del ribaltamento.
Le ombre in prospettiva – criteri generali e definizioni: sorgente luminosa al finito e sorgente luminosa all'infinito (posizione della sorgente rispetto all'osservatore: casi ed applicazioni).
Proiezioni quotate
Elementi di riferimento.
Rappresentazione degli enti fondamentali.
Condizioni di appartenenza, di parallelismo, di perpendicolarità.
Problemi applicativi (intersezioni; applicazione delle p. q. nella determinazione delle falde per la copertura dei tetti; rappresentazione del terreno e problemi relativi; applicazioni con definizioni di scarpate di sterro e riporto).
Piani quotati ed a curve di livello.

Esame

Prova grafica relativa ai metodi di rappresentazione trattati durante il corso: proiezioni ortogonali, ombre tecniche, prospettiva.
Prova orale articolata in due fasi distinte:
– colloquio con lo esercizi di sintesi inerenti gli argomenti trattati nel corso delle lezioni e delle esercitazioni.
– esposizione e valutazione degli elaborati grafici prodotti nell'ambito del Laboratorio

Bibliografia

R. MINGUCCI (a cura di), *Esercizi di disegno edile,* Bologna, Patron, 2001.
M. DOCCI, D. MAESTRI, *Scienza del disegno*, Torino, UTET, 2000.
M. DOCCI, *Manuale di disegno architettonico*, Bari, Laterza, 1992.
C. BONFIGLI, C.R. BRAGGIO, *Geometria descrittiva e prospettiva con applicazioni ed esercizi*, Milano, Hoepli.
F. MIRRI, *La rappresentazione tecnica e progettuale*, Roma, NIS, 1990.
AA. VV., *Teorie e metodi del disegno*, a cura di M. Borgherini, Milano, CittàStudi, 1994.

FONDAMENTI DI TECNOLOGIE DI PROCESSO L **BO, cds: R**

Docente: **Francesco Santarelli** prof. ord.

L'Insegnamento ha per oggetto lo studio dell'impiego di metodologie proprie dell'ingegneria di processo nell'analisi quantitativa di situazioni di interesse per l'ingegneria chimica ambientale.

1. Equazioni di bilancio di materia e di energia: 1. generalità sulle equazioni di bilancio. 2. le equazioni integrali di bilancio e loro applicazione a sistemi reagenti chimicamente e non.
2. I processi di combustione: 1. Combustibili 2. Considerazioni di carattere generale sulla combustione. 3. Le emissioni atmosferiche dai processi di combustione.
3. Processi di separazione: 1. classificazione dei processi di separazione 2. Elementi di equilibrio termodinamico tra fasi 3. Cenni sui processi cinetici 4. Il modello di stadio di equilibrio 5. Aspetti fondamentali dei processi di assorbimento e di adsorbimento
4. Modelli fluodinamici semplici: 1. caratteristiche essenziali dei modelli di fase perfettamente miscelata e di corrente monodimensionale 2 applicazioni all'analisi di fenomeni di dispersione di inquinanti nell'ambiente.

Testi di riferimento:

1. FELDER M.R., ROUSSEAU R.W. *Elementary Principles of Chemical Processes* J.Wiley, New York, 3rd Ed 2000.
2. ALLEN D.T., SHONNARD D.R.: *Green Engineering - Environmental Conscious Design of Chemical Processes*, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, 2002.
3. SEADER, J.D.,HENLEY E.J. *Separation Process Principles*, J. Wiley & Sons, New York, 1998.
4. PERRY R., *Chemical Engineers' Handbook*, McGraw-Hill, New York, 7th Ed 1997.

L'*esame* consiste in una prova scritta e orale.

FOTOGRAMMETRIA **BO, cds: C,R**

Docente: **Gabriele Bitelli** prof. straord.

FINALITÀ E CONTENUTI

Fornire le conoscenze di base teoriche ed operative per la progettazione, l'esecuzione e l'utilizzo di rilievi fotogrammetrici sia a fini cartografici (cartografia di base o prodotti specialistici in campo ambientale) che nel campo della fotogrammetria terrestre (beni culturali, applicazioni

industriali, ingegneria civile, ecc.) con l'utilizzo di moderne tecniche analitiche e digitali.

Il corso prevede inoltre una introduzione ai Sistemi Informativi Territoriali, con particolare attenzione verso le tematiche relative all'acquisizione e all'analisi di dati geografici di diversa fonte.

PROGRAMMA

Posizione della fotogrammetria nell'ambito delle scienze del rilevamento. Note storiche sullo sviluppo della fotogrammetria e delle tecniche di rilievo e rappresentazione ad essa correlate.

Sistemi di coordinate usati in fotogrammetria. Sistemi di riferimento bi- e tridimensionali e trasformazioni tra di essi. La trasformazione proiettiva: sviluppo degli strumenti matematici di base, equazioni di collinea-rità.

Il "caso normale" nella restituzione stereoscopica, errori in gioco. Stereoscopia e sensibilità stereoscopica. La fotointerpretazione per l'analisi qualitativa e quantitativa di fotogrammi aerei.

Le camere metriche e semimetriche e la loro calibrazione. Le emulsioni fotografiche. Note di tecnica foto-grafica e di teoria dei colori.

Voli fotogrammetrici: il progetto del volo e la sua esecuzione. Dispositivi antitrascinamento. Utilizzo del sistema GPS in fotogrammetria aerea. Effetti e correzioni per rifrazione atmosferica e curvatura terrestre.

L'orientamento interno di un fotogramma.

L'orientamento esterno: di un singolo fotogramma, di una coppia in due fasi (orientamento relativo e orien-tamento assoluto), di una coppia in una sola fase.

Gli strumenti per la restituzione. Componenti fondamentali di un restitutore analitico.

Il problema dell'appoggio. La triangolazione fotogrammetrica a modelli indipendenti e per fasci proiettivi.

Modelli digitali del terreno (DTM) e prodotti derivati.

Il raddrizzamento per oggetti piani. Il raddrizzamento differenziale e l'ortofotoproiezione.

Produttività del metodo fotogrammetrico. Capitolati d'appalto e collaudi per la formazione di cartografia fotogrammetrica numerica.

La fotogrammetria dei vicini. Camere, metodologie di presa e restituzione con riferimenti all'architettura, all'archeologia, alle applicazioni ingegneristiche ed industriali. Metodi semplificati di restituzione monosco-pica. Utilizzo di camere non metriche.

La fotogrammetria digitale: caratteristiche delle immagini digitali (tecniche di acquisizione, risoluzione geo-ometrica e radiometrica, integrabilità con altri dati), componenti hardware e software delle stazioni foto-grammetriche digitali, esempi applicativi. Principali algoritmi per l'elaborazione di immagini. Correlazione di immagini ed automazione delle fasi del processo fotogrammetrico.

Immagini digitali multispettrali e loro elaborazione. Cenni sul telerilevamento aereo e da satellite: principali sistemi in uso, esempi applicativi.

Una parte del corso è dedicata ad una introduzione ai sistemi informativi territoriali (GIS): caratteristiche e funzionalità principali, impiego della cartografia numerica di origine fotogrammetrica e integrazione con tecniche e prodotti della fotogrammetria digitale.

Esercitazioni: rilievo fotogrammetrico terrestre di oggetti di interesse architettonico, orientamenti e restitu-zione con strumenti analitici e digitali, esempi di elaborazioni digitali

Tesi di laurea: sono disponibili tesi, prevalentemente a carattere sperimentale-applicativo, in particolare nel campo delle tecniche digitali per la fotogrammetria dei vicini e in applicazioni GIS.

Testi consigliati:

KRAUS KARL: *Fotogrammetria*, Vol.1, ed. Levrotto e Bella, Torino, 1994.
SELVINI A., GUZZETTI F.: *Fotogrammetria Generale*, ed. UTET, Torino, 2000.
MIKHAIL, BETHEL, MCGLONE: *Introduction to modern photogrammetry*, Wiley, 2001.
Materiale fornito dal docente

FOTOGRAMMETRIA L **CE, cds: dud**
Docente: **Gabriele Bitelli** prof. straord.

1. Obiettivo del corso

Il corso completa le conoscenze di base acquisite con "Elementi di Fotogrammetria" ed intende fornire allo studente gli elementi per potere progettare o eseguire un rilievo fotogrammetrico secondo le metodologie moderne più appropriate. Particolare attenzione viene posta nelle tecniche digitali (sono privilegiate le applicazioni nel campo del rilievo a fini architettonici e dei Beni Culturali, ma sono illustrati anche casi relativi al settore industriale) e verso l'integrazione del dato di origine fotogrammetrica in sistemi per la gestione del territorio.

2. Struttura didattica

Il corso è articolato in lezioni teoriche ed esercitazioni pratiche. Si suppone che lo studente abbia già acquisito le nozioni di base fornite dagli insegnamenti di "Elementi di Topografia" ed "Elementi di Fotogrammetria".

3. Contenuti

Richiami ed approfondimenti di fotogrammetria analitica: trasformazioni bi- e tridimensionali, tecniche diverse per la determinazione dei parametri di orientamento interno ed esterno.

Triangolazione aerea: per concatenamento di fotogrammi, per modelli indipendenti, a fasci proiettivi. Cenni sulle applicazioni nella fotogrammetria dei vicini.

Raddrizzamento e raddrizzamento differenziale.

Modelli digitali del terreno (DTM) e delle superfici (DSM).

Fotogrammetria digitale: acquisizione delle immagini per via diretta (camere digitali) e indiretta (scanner fotogrammetrici e non fotogrammetrici), elementi di una stazione fotogrammetrica digitale, tecniche di elaborazione di immagine, algoritmi di base della fotogrammetria digitale (matching, ricampionamento, operatori di interesse, ecc.), procedure specialistiche (generazione automatica di DTM, fotopiani, ortofoto, ecc.).

Tecniche fotogrammetriche non convenzionali: restituzione monoscopica, DLT.

Specifiche tecniche, controllo di qualità e collaudo di fotogrammetria numerica aerea e terrestre.

Cenni di telerilevamento e suoi utilizzi nella gestione del territorio. Uso di immagini telerilevate ad alta risoluzione all'interno di sistemi informativi territoriali (SIT/GIS).

Esempi applicativi nel rilevamento a fini architettonici, nel restauro, nel controllo di edifici, in archeologia, nei sistemi informativi per la gestione dei beni culturali, come livello di base per i GIS.

4. Esercitazioni

Esecuzione di rilievo fotogrammetrico, con tecniche digitali, per un oggetto di interesse architettonico. Utilizzo di camere semimetriche e digitali, autocalibrazione di camere amatoriali.

Uso di sistemi di visione tridimensionale di tipo digitale e di programmi per elaborazione di immagini.

Esecuzione di restituzioni fotogrammetriche al computer con sistemi monoscopici commerciali, dall'acquisizione della geometria fino al modello tridimensionale.

5. Modalità di esame

L'esame si articola in una unica prova orale che mira a verificare l'apprendimento degli argomenti trattati durante il corso.

Bibliografia

KRAUS KARL, *Fotogrammetria*, Vol. 1, ed. Levrotto e Bella, Torino, 1994.
Materiale vario fornito dal docente.

Altri testi per consultazione

MIKHAIL, BETHEL, MCGLONE, *Introduction to modern photogrammetry*, Wiley, 2001.
SELVINI A., GUZZETTI F., *Fotogrammetria Generale*, ed. UTET, Torino, 2000.

FOTOGRAMMETRIA L **BO, cds: C, R**

Docente: **Antonio Zanutta** ric.

1. Obiettivi del corso

Il corso fornisce le conoscenze di base delle moderne tecniche della fotogrammetria con un particolare approfondimento per le applicazioni nei campi del rilievo edilizio-urbano e delle strutture civili ed industriali. Si affrontano i temi dell'impostazione teorica analitica, della moderna strumentazione necessaria alla costruzione del modello metrico tridimensionale dell'oggetto rilevato e degli sviluppi applicativi nei diversi settori.

2. Struttura didattica

Il corso è articolato in una serie di lezioni riguardanti l'inquadramento della disciplina ed esempi applicativi. Si prevedono, ad integrazione delle lezioni, delle esercitazioni pratiche che mettono l'allievo in grado di eseguire, autonomamente, operazioni di rilievo. Quale prerequisito si presume che l'allievo abbia già acquisito le nozioni di base fornite dal corso di Topografia.

3. Argomenti delle lezioni

Fondamenti di fotogrammetria: concetti generali, l'uso metrico della fotografia intesa come prospettiva centrale. Terminologia: stella di direzioni, modello stereoscopico, parametri e procedure principali di orientamento.

Strumentazione di presa: camere aeree, camere terrestri: caratteristiche e componenti.

Strumentazione per la restituzione: restitutori analogici, analitici e digitali.

Assunzione delle informazioni: progettazione delle prese terrestri; il progetto di volo in aerofotogrammetria; la determinazione dei punti d'appoggio per via topografica e fotogrammetrica.

Fondamenti analitici: sistema di riferimento immagine, modello, oggetto. Trasformazioni tra sistemi 2D e 3D. Compensazione ai minimi quadrati per osservazioni indirette nella realizzazione di trasformazioni tra sistemi 2D e 3D. La trasformazione proiettiva: relazione proiettiva tra oggetti e immagini, relazione tra coordinate lastra e coordinate assolute; orientamento esterno di un

fotogramma, soluzione analitica dei problemi fondamentali di orientamento interno, relativo e assoluto. Procedure di orientamento analitiche.

Triangolazione aerea: per concatenamento di fotogrammi, per modelli indipendenti, a fasci proiettivi. Raddrizzamento e raddrizzamento differenziale.

Fotogrammetria digitale: acquisizione delle immagini per via diretta (camere digitali) e indiretta (scanner fotogrammetrici e non fotogrammetrici), tecniche di elaborazione di immagine, algoritmi di base della fotogrammetria digitale (matching, ricampionamento, operatori di interesse, ecc.), procedure specialistiche (generazione automatica di DTM, fotopiani, ortofoto, ecc.).

Tecniche fotogrammetriche non convenzionali: restituzione monoscopica, DLT.

Esempi di rilevamenti.

4. Esercitazioni

Il corso prevede un ciclo di esercitazioni dove gli allievi potranno svolgere un'esperienza completa per l'esecuzione di un rilievo fotogrammetrico terrestre di un'opera di interesse architettonico o artistico: progetto, prese, appoggio topografico e restituzione fotogrammetrica.

5. Modalità d'esame

L'esame si articola in un'unica prova orale che mira a verificare l'apprendimento degli argomenti trattati nel corso delle lezioni.

Testi di riferimento

KRAUS K., 1994. *Fotogrammetria, teoria e applicazioni*, Vol. I. Libreria Levrotto e Bella, Torino (traduzione di Sergio Dequal).

SAINT AUBIN J.P., 1999. *Il rilievo e la rappresentazione dell'architettura*. Edizione italiana a cura di Baratin L. e Selvini A., Ed. Moretti & Vitali, Bergamo.

Materiale vario fornito dal docente

Altri testi da consultare

FONDELLI M., 1992. *Trattato di fotogrammetria urbana e architettonica*. Editori Laterza, Bari.

FANGI G., 1995. *Note di fotogrammetria*. CLUA Edizioni Ancona.

SELVINI A., GUZZETTI F. 2000. *Fotogrammetria generale*. UTET, Torino.

BEZOARI G., MONTI C., SELVINI A., 2001. *Misura e rappresentazione*. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

GEOFISICA APPLICATA **BO, cds: R**

Docente: **Giovanni Santarato** prof. ass.

Programma

Il problema diretto ed inverso in Geofisica. L'inversione come regressione non lineare per la stima dei parametri del modello.

Metodi sismici di prospezione. Dromocrona della riflessione per uno strato piano orizzontale ed inclinato. Definizione del normal move-out e sua importanza. Correzione dinamica e tecniche CMP. Cenno ai problemi dell'analisi della velocità e della migrazione. Esempi. Onda conica o di Cagniard. Dromocrona della rifrazione per uno strato piano orizzontale ed inclinato. Limiti della sismica a rifrazione.

Campi a potenziale: Misure della gravità e del campo magnetico; i gravimetri ed i magnetometri Correzioni alle misure di gravità e magnetiche. Interpretazione quantitativa delle misure gravimetriche e magnetometriche.

Metodi elettromagnetici di prospezione. La resistività elettrica delle rocce. Il metodo geoelettrico e concetto di resistività apparente. La tomografia elettrica di resistività. Cenno ai metodi con campo magnetico variabile.

Il georadar: principio e schema dello strumento. Applicazioni e limiti.

Testi consigliati:

REYNOLDS J.M., *An introduction to applied and environmental Geophysics*, Wiley, N.Y.

GEOLOGIA L **BO, cds: R**

Docente: **Pietro Vittorio Curzi** prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento:

Introduzione dei concetti fondamentali per la conoscenza dei corpi geologici e delle rocce che li costituiscono. Analisi di ambienti, forme e processi geologici e dell'interazione con le attività umane. Lettura, interpretazione e compilazione delle ordinarie geologiche.

Programma

L'interno terrestre. Sismologia e struttura profonda della terra; magnetismo e flusso di calore.

Gli involucri esterni della terra. Crosta oceanica e crosta continentale. Tettonica delle placche. Gravità e isostasia.

Mineralogia: natura dei minerali; i principali minerali costituenti le rocce.

Il consolidamento magnetico e la formazione delle rocce ignee. Plutonismo. Le forme delle intrusioni magmatiche; Vulcanismo: attività e prodotti dei vulcani. Il modello globale del vulcanismo.

Le rocce metamorfiche.

Le rocce sedimentarie: natura, tipo e origine delle rocce sedimentarie.

I processi di superficie: alterazione fisica e chimica; erosione; movimenti gravitativi.

Gli ambienti e i processi sedimentari: i sistemi fluviale, glaciale, litorale, eolico; l'ambiente marino.

Geologia stratigrafica. Unità, principi e correlazioni stratigrafiche. I cicli sedimentari.

Geologia strutturale: la deformazione delle rocce; pieghe, faglie, fratture.

Evoluzione dei continenti: orogenesi.

Geologia ambientale. Risorse: idrocarburi, origine, genesi, migrazione e accumulo; acque sotterranee; geotermia. Rischi geologici: frane, subsidenza, terremoti.

Principi generali di rilevamento geologico. Le carte geologiche. Cenni di Geologia regionale dell'Italia.

Testi consigliati:

HAMBLIN W. KENNET, *Earth's dynamic systems*, Ed. Macmillian Pub. Co. (in inglese).
PRESS F., SIEVER R., *Introduzione alle Scienze della Terra*, Zanichelli.

BOSELLINI A., *Le scienze della terra*, Zanichelli.
AA.VV., *Enciclopedie Cambridge. Scienze della Terra*, Editori Laterza.
PIERI M., *Petrolio*, Zanichelli.
Dispense integrative fornite dal docente.

GEOLOGIA APPLICATA — BO, cds: R

Docente: **Giulio Cesare Carloni** prof. ord.

Finalità

L'Insegnamento è espressamente finalizzato a fornire un'ampia conoscenza di nozioni geologico-applicative, indispensabili per corretto uso delle tecniche ingegneristiche nel campo della progettazione più generale delle opere civili. Le scienze geologiche si pongono come obiettivo la pianificazione dell'uso del territorio con la scelta dei siti più idonei per gli insediamenti o le attività industriali importanti, tenendo conto della valutazione di tutti i rischi geologici, sulla base di un approfondimento delle conoscenze dell'ambiente fisico.

Programma

Lettura elaborati geologici (carte, sezioni, colonne, schemi, etc.).

I rischi naturali: la pericolosità sismica, il rischio vulcanico e le alluvioni. Cenni di Sismologia e segnali precursori dei terremoti: conoscere il terremoto, parametri che influenzano il rischio sismico, distribuzione geografica e zonazione. Nozioni di Idrogeologia: caratteristiche degli acquiferi in mezzi porosi e rocce fratturate; le acque sotterranee come risorsa e come fattore di pericolo nelle trasformazioni territoriali; ricerca e captazione delle acque superficiali e di quelle sotterranee, problemi di subsidenza.

Dinamica dei versanti e dinamica fluviale; dissesti idrogeologici con particolare riguardo alle frane, prevenzione e bonifica dei fenomeni franosi e di intensa erosione, metodi di valutazione del rischio che le frane rappresentano per l'attività entropica.

Aspetti geoapplicativi legati alla definizione dell'idoneità di siti per discariche controllate.

Problemi geologico-tecnici nella progettazione di strutture viarie e grandi infrastrutture che possono alterare l'ambiente. Problemi geologico-tecnici nella progettazione degli invasi artificiali, tipologie delle dighe, studio della zona di imposta e dell'invaso, Valutazione dei rischi e Studi dell'impatto ambientale per la realizzazione di sbarramenti artificiali.

Geologia delle fondazioni scelta dei diversi tipi in funzione delle caratteristiche geo-litologiche dei terreni e degli assetti strutturali e giaciturali delle formazioni rocciose.

Studi geologico-tecnici per i grandi scavi in sotterraneo; interazione con le acque di falda. Utilizzo del sottosuolo come alternativa alle realizzazioni in superficie e problematiche relative. Geologia delle gallerie.

Contributi della Geologia applicata alla Valutazione dell'Impatto Ambientale delle grandi opere di trasformazione ed uso del territorio. Esempi di opere che hanno un impatto sull'ambiente: le discariche controllate, le autostrade, le dighe, gli insediamenti industriali, ecc.

Seguono cinque letture riguardanti:

1. Evoluzione paleogeografica del Mediterraneo.
2. Tettonica globale.
3. La subsidenza del territorio bolognese.
4. La geologia e i collegamenti autostradali attraverso l'Appennino tosco-emiliano.
5. Il problema dei R.S.U. in relazione all'ambiente.

Il Corso è completato da viaggi di istruzione riguardanti la geologia dell'Appennino centro-settentrionale. Le visite tecniche a cantieri stradali e zone in frana, dighe ed impianti acquedottistici completano il programma dell'insegnamento.

Testi consigliati:

G.C. CARLONI, *Geologia applicata*, ed. Pitagora.
B. MARTINIS, *Geologia ambientale*, ed. UTET.
AUTORI VARI, *Geologia tecnica*, ed. ISEDI.
AUTORI VARI, *Problemi di Geofisica*, letture da ed. Mondadori.
D.E. ALEXANDER, *Calamità naturali*, ed. Pitagora.
G. GISOTTI e S. BRUSCHI, *Valutare l'ambiente*, La Nuova Italia Scientifica.

GEOLOGIA APPLICATA L **CE, cds: dud**
Docente: **Giulio Cesare Carloni** prof. ord.

Finalità del corso
Introdurre le conoscenze necessarie delle Discipline Geologiche per una trattazione generale alle applicazioni pratiche nel settore specifico.

Programma
Le scienze della terra e i campi di applicazione della geologia. Cenni di litologia: minerali e rocce. Generalità sui processi genetici delle rocce. Proprietà geotecniche; Cartografia ed elaborati geologici. Generalità sulla stratigrafia e la tettonica. Rischi geologici: vulcanico, sismico e geologico in s.s. Degradazione dei materiali litoidi e processi erosivi. Dissesti idrogeologici con particolare riguardo alle frane e ai movimenti franosi. Aspetti geomorfologici in relazione alla progettazione ingegneristica. Elementi di idrogeologia. Territorio e ambiente urbano-industriale. Studio e valutazione dell'impatto ambientale (V.I.A.).
Sono previsti viaggi di istruzione ed esercitazioni pratiche di laboratorio e sul terreno.

Testi consigliati

CARLONI G.C., *Litologia e geologia per ingegneria civile*, Pitagora, Bologna.
CARLONI G.C., *Geologia applicata per ingegneria dell'ambiente e territorio*, Pitagora, Bologna.

GEOLOGIA L **BO, cds: C**
Docenti: **Alberto Landuzzi** prof. ass.

Finalità del corso. Fornire una conoscenza sintetica della Geologia di base ed alcune nozioni elementari di Geologia applicata, per permettere agli studenti di: (a) riconoscere i principali tipi di rocce e di terre, individuandone i processi genetici; (b) leggere ed interpretare a fini pratici le carte geologiche e le sezioni geologiche; (c) rendersi conto anche sul terreno delle principali problematiche geologiche connesse con l'Ingegneria civile.
Litologia e Geologia di base. Identificazione macroscopica dei principali minerali che costituiscono le rocce. Identificazione macroscopica delle più comuni rocce e terre, mediante la deter-

minazione di tessitura, struttura, composizione e proprietà fisico-chimiche dell'aggregato. Analisi del ciclo litogenetico mediante lo studio dei processi plutonici, vulcanici, sedimentari, diagenetici e metamorfici. Inquadramento del ciclo litogenetico nella dinamica interna ed esterna della Terra. Applicazione dei principi della Stratigrafia, della Tettonica e della Geomorfologia allo studio delle carte geologiche e delle sezioni geologiche. Esame dei dati geologici e geomorfologici che consentono di valutare la pericolosità delle eruzioni vulcaniche, dei terremoti, delle frane e delle alluvioni.

Geologia applicata. Cenni introduttivi sulle caratteristiche meccaniche ed idrogeologiche delle rocce e delle terre in funzione della litologia, delle discontinuità strutturali e dello stato di alterazione. Cenni introduttivi sulla distribuzione e le modalità di scorrimento delle acque sotterranee: falde freatiche, falde artesiane e strutture idrogeologiche. Considerazioni sui rapporti tra falde idriche, sorgenti e corsi d'acqua superficiali. Considerazioni sul ruolo dell'acqua nei fenomeni franosi. Valutazione dei rischi geologici e degli impatti ambientali nella progettazione di massima delle opere ingegneristiche.

Articolazione del corso. La prima metà del corso sarà dedicata allo studio delle rocce e dei processi litogenetici, mentre la seconda sarà rivolta all'esame degli elaborati geologici ed agli argomenti applicativi. Per tutta la durata del corso, le lezioni saranno integrate da esercitazioni ripartite in turni (max 30 persone a turno). Verso il termine del corso, gli studenti potranno partecipare ad escursioni didattiche nelle Alpi e nell'Appennino centro-settentrionale.

Esame. Consiste di una prova pratica e di una prova orale, da svolgere contestualmente.

Dispense. Per lo svolgimento delle esercitazioni è necessaria la raccolta di schemi ed appunti depositata dal Prof. A. Landuzzi presso l'ufficio fotocopie della Biblioteca di Ingegneria. All'inizio del corso sarà distribuito un CD-ROM contenente tutte le diapositive e molte delle illustrazioni proiettate a lezione, con didascalie e commenti integrativi.

Testo Adottato

BOSELLINI A., *Le scienze della terra e l'universo intorno a noi*, Ed. Bovolenta.

Testi Consigliati

AUTORI VARI, *La dinamica della terra*, letture da, Ed. Mondadori.
CARLONI G.C., *Geologia applicata*, Ed. Pitagora.
MARTINIS B., *Geologia ambientale*, Ed. UTET.
PRESS F., SIEVER R., *Introduzione alle scienze della terra*, Ed. Zanichelli.
L. TREVISAN, G. GIGLIA, *Introduzione alla geologia*, Pisa, Pacini, 1978.

GEOMETRIA ED ALGEBRA L **BO, cds: G, P**

Docente: **Alessandro Gimigliano** prof. straord.

Richiami sul linguaggio della teoria degli insiemi (notazioni, intersezione, unione, prodotto cartesiano, applicazioni), principali insiemi numerici; strutture algebriche (gruppo, campo).

Richiami di Geometria Analitica: Coordinate cartesiane sulla retta, nel piano e nello spazio. Luoghi geometrici, equazione cartesiana e parametrica della retta nel piano, distanza fra due punti e distanza punto-retta. Vettori. Coniche e Quadriche.

Spazî vettoriali- Dipendenza lineare, sistemi di generatori - Basi: loro esistenza ed equipotenza in dimensione finita; dimensione - Sottospazî vettoriali.

Sistemi lineari - Eliminazione di Gauss - Matrici - Rango di una matrice- Teorema di Rouché-Capelli - Equazioni cartesiane e parametriche di sottospazî vettoriali. - Determinante -Teorema di Cramer - Algoritmi di calcolo del determinante (Laplace, Sarrus).

Trasformazioni lineari; rappresentazione matriciale - Matrici regolari e loro inversione - Equazioni dimensionali - Cambiamenti di base - Similitudine di matrici.

Autovalori ed autovettori - Polinomio caratteristico - Molteplicità algebrica e geometrica - Diagonalizzabilità per similitudine.

Spazî metrici; - Prodotto scalare; spazî vettoriali euclidei; disuguaglianza di Schwarz - Norma euclidea - Basi ortonormali; procedimento di Gram-Schmidt - Complemento ortogonale; ortogonalità.

Cenni su spazi affini - Riferimenti affini - Affinità - Parallelismo - Cambiamenti di riferimento affine.

Testi consigliati:

P. MAROSCIA: *Algebra Lineare e sue applicazioni.* Zanichelli, Bologna, 2000.
Dispense a cura del docente.

GEOMETRIA E ALGEBRA L **BO, cds: C**
Docente: **Luciano Gualandri** ric.

Argomenti

Insiemi quoziente, gruppi, anelli, campi (richiami) - Spazî vettoriali - Dipendenza lineare, sistemi di generatori - Basi: loro esistenza ed equipotenza in dimensione finita; dimensione.

Cenni su: funzioni polinomiali, principî di annullamento e di identità, chiusura algebrica, molteplicità di radici, teorema fondamentale dell'algebra, radici razionali di polinomî a coefficienti razionali.

Matrici - Matrici simmetriche, emisimmetriche, ortogonali - Segno di una permutazione - Determinante - Teorema di Laplace- Algoritmi di calcolo del determinante.

Trasformazioni lineari; rappresentazione matriciale - Matrici regolari e loro inversione - Sottospazî vettoriali - Equazioni dimensionali - Rango di una matrice; algoritmi di calcolo - Cambiamenti di base - Similitudine di matrici; determinante di un endomorfismo.

Sistemi lineari - Teorema di Cramer - Teorema di Rouché-Capelli - Algoritmi di risoluzione - Equazioni cartesiane e parametriche di sottospazî vettoriali.

Autovalori ed autovettori - Polinomio caratteristico - Molteplicità algebrica e geometrica - Basi spettrali e diagonalizzabilità per similitudine.

Spazî metrici; spazî vettoriali normati - Prodotto scalare; spazî vettoriali euclidei; disuguaglianza di Schwarz - Norma euclidea - Determinante di Gram - Basi ortonormali; procedimento di Gram-Schmidt - Complemento ortogonale; ortogonalità.

Spazî euclidei - Riferimenti cartesiani - Ortogonalità e parallelismo fra sottospazî euclidei - Equazioni normali di iperpiani - Distanza fra insiemi (in particolare fra sottospazî) - Coseno dell'angolo fra rette - Insiemi convessi; simplessi - Volumi - Simmetrie, similitudini, uguaglianze - Geometrie.

Applicazioni e forme bilineari; rappresentazione matriciale - Forme quadratiche - Congruenza di matrici simmetriche - Diagonalizzabilità per congruenza - Rango, segnatura; forme canoni-

che per congruenza in campo reale.

Punti impropri; coordinate omogenee e non omogenee. Coniche e quadriche - Equazioni canoniche - Fasci di coniche - Classificazioni.

Testi consigliati.

CASALI M. R., GAGLIARDI C., GRASSELLI L., *Geometria* (Leonardo), Esculapio, 2001.
GUALANDRI L., *Esercizi di algebra lineare e geometria*, (Leonardo), Esculapio, 1995.
CAVALIERI D'ORO L., GUALANDRI L., *Esercizi di algebra e geometria*, vol. 1-3, coll. Leonardo, ed. Esculapio, 1991.

GEOMETRIA E ALGEBRA L **BO, cds: R, Q, V**

Docente: **Michele Mulazzani** prof. ass.

Preliminari

Generalità sugli insiemi. Relazioni di equivalenza, quozienti. Strutture algebriche. Operazioni standard su K^n. Polinomi, equazioni algebriche.

Matrici

Operazioni. Trasformazioni elementari. Matrici a gradini. Permutazioni. Determinante. Proprietà dei determinanti. Sviluppo di Laplace. Inversione di una matrice..

Spazi vettoriali

Definizioni ed esempi. Sottospazi vettoriali. Sistema di generatori. Dipendenza lineare. Basi e dimensione. Coordinate rispetto ad una base. Somma e intersezione di sottospazi. Formula di Grassmann.

Trasformazioni lineari.

Definizione ed esempi. Endomorfismi. Isomorfismi. Nucleo e immagine.Matrici associate ad una trasformazione lineare. Cambiamento di base. Rango di una matrice. Teorema di Kroenecker.

Sistemi lineari.

Risolubilità, teorema di Rouchè-Capelli. Sistemi di Cramer. Algoritmo di Gauss.

Rappresentazioni di sottospazi.

Rappresentazioni cartesiana e parametrica.

Autovalori ed autovettori.

Autovalori, autovettori e autospazi di un endomorfismo e di una matrice. Matrici simili. Polinomio caratteristico. Diagonalizzazione per similitudine di matrici ed endomorfismi.

Forme bilineari e quadratiche.

Matrici particolari. Forme bilineari. Rappresentazione matriciale. Matrici simmetriche. Forme quadratiche. Forme canoniche.

Spazi vettoriali euclidei.

Prodotti scalari. Ortogonalità. Insiemi ortonormali. Operatori ortogonali. Ortogonalità fra sottospazi.

Spazi affini ed euclidei.

Spazi e trasformazioni affini. Sottospazi affini. Rappresentazioni di sottospazi. Parallelismo. Ortogonalità.

Iperquadriche.

Definizioni generali. Coniche reali nel piano affine ed euclideo.

Testi consigliati

CASALI M.R., GAGLIARDI C., GRASSELLI L., *Geometria*, Progetto Leonardo, Bologna, 2001 (testo ufficiale del corso).
GUALANDRI L., *Esercizi di algebra lineare e geometria*, Progetto Leonardo, Bologna, 1995.

GEOMETRIA E ALGEBRA LA **BO, cds: L, I (A-F)**
Docente: **Massimo Ferri** prof. ord.

Teoria
Equazioni e sistemi lineari.
Alcune strutture algebriche. Operazioni standard su Kn. Sistemi lineari.
Matrici.
Definizioni iniziali. Operazioni. Sistemi lineari e matrici.
Spazi vettoriali.
Definizioni iniziali. Sottospazi vettoriali. Combinazioni lineari. Sottospazio somma. Spazi riga e colonna di una matrice.
Basi.
Dipendenza lineare. Basi e dimensione. Rango di una matrice. Sistemi lineari.
Applicazioni lineari.
Linearità. Isomorfismi. Nucleo e immagine.
Rappresentazioni matriciali di applicazioni lineari.
Applicazioni lineari, basi, matrici.
Determinanti.
Permutazioni. Determinante. Proprietà dei determinanti. Sviluppo di Laplace. Matrice inversa. Determinante di un operatore lineare. Rango di una matrice. Sistemi lineari.
Rappresentazioni di sottospazi.
Rango, nucleo, immagine. Rappresentazioni cartesiana e parametrica.
Equazioni algebriche.
Autovalori..
Forme bilineari e quadratiche.
Matrici particolari. Forme bilineari. Rappresentazione matriciale. Matrici simmetriche. Forme quadratiche. Forme canoniche.
Spazi vettoriali euclidei.
Prodotti scalari.. Ortogonalità. Insiemi ortonormali. Operatori ortogonali. Ortogonalità fra sottospazi.
Spazi affini ed euclidei.
Spazi e trasformazioni affini. Sottospazi affini. Rappresentazioni di sottospazi. Parallelismo. Ortogonalità.
Iperquadriche.
Definizioni generali. Coniche reali nel piano affine ed euclideo.

Esercitazioni
Calcolo di determinanti e ranghi di matrici. Discussione e risoluzione di sistemi lineari. Reperimento e rappresentazione di applicazioni lineari. Determinazione delle equazioni di sottospazi vettoriali ed affini. Passaggio fra le rappresentazioni. Calcolo di autovalori e autovettori. Diagonalizzazione di matrici. Risoluzione di problemi di parallelismo ed ortogonalità. Rappresenta-

zione e studio di forme bilineari e quadratiche. Classificazione di coniche.Curve e superfici parametrizzate.

Si possono scaricare le prove d'esame dello scorso Anno Accademico.

Testi consigliati.

CASALI M.R., GAGLIARDI C., GRASSELLI L., *Geometria*, Progetto Leonardo, Bologna, 2001 (testo ufficiale del corso).
GUALANDRI L., *Esercizi di algebra lineare e geometria*, Progetto Leonardo, Bologna, 1995.

GEOMETRIA E ALGEBRA LB **BO, cds: T, L**
Docente: **Anna Luisa Gilotti** prof. ass.

Richiami sugli spazi metrici reali e complessi, i proiettori ortogonali, il procedimento di ortonormalizzazione di Gram-Schmidt e la diagonalizzazione di endomorfismi.

Forma triangolare di una matrice. Matrici hermitiane, matrici unitarie: proprietà. Il teorema spettrale. La decomposizione spettrale di una matrice.

Forme quadratiche reali. Nullità e segnatura di una forma quadratica, invarianti per congruenza. Il Teorema di Sylvester. Forma canonica affine e metrica di una forma quadratica. Criteri di positività e di semipositività. Applicazione allo studio locale dei punti di una superficie.

Coniche e quadriche: Cambiamenti di coordinate cartesiane nello spazio e nel piano. La classificazione affine delle coniche e delle quadriche attraverso gli invarianti.

La forma canonica di Jordan di un endomorfismo T. Sottospazi T-invarianti e matrici a blocchi Separazione degli autovalori e la riduzione all'autovalore nullo: la decomposizione di Fitting.

Endomorfismi nilpotenti e proprietà. la costruzione della base di Jordan per un endomorfismo nilpotente attraverso i diagrammi di stringhe. Il teorema fondamentale.

Gruppi (abeliani) quoziente, spazi vettoriali quoziente. Il 1° teorema di omomorfismo. Il teorema di Lagrange. Le congruenze degli interi modulo m. I gruppi Zm. La funzione di Eulero.

Lo spazio duale, il biduale.

Elementi di geometria proiettiva: le coordinate omogenee, il piano proiettivo, le curve algebriche piane, lo studio locale dei punti

Elementi di geometria differenziale: Rappresentazioni parametriche per le curve, retta tangente e piano osculatore. Proprietà differenziali metriche delle curve: l'ascissa curvilinea, la curvatura e la torsione. Rappresentazioni parametriche per le superfici, le rigate. Curve coordinate della superficie Piano tangente. Cenno alle proprietà metriche.

Testo:

S. ABEASIS, *Complementi di Algebra Lineare e Geometria* (ed. Zanichelli).

Con riferimento al testo: Capitoli: 1, 2, 3, 4 (paragrafo 1), 5, 7 (paragrafi 1, 2, 4, 7) 8 (fino al paragrafo 4, cenni del 5)

GEOSTATISTICA APPLICATA **BO, cds: R**
Docente: **Roberto Bruno** prof. ass.

L'Insegnamento illustra la Teoria delle Variabili Regionalizzate, base probabilistica teorica della Geostatistica, al fine di ricavarne strumenti adeguati per la soluzione dei più significativi problemi applicativi nel campo Ambientale e delle Georisorse, come ad esempio la valutazione quantitativa (stima) di una o più grandezze campionate solo in pochi punti dello spazio di lavoro, la produzione di cartografie ottimizzate, la valutazione (stocastica) dei rischi legati al superamento di determinati valori di soglia, la caratterizzazione quantitativa della variabilità spaziale o spazio-temporale delle grandezze utili, etc.

Programma

Geostatistica lineare

Geostatistica Monovariata Stazionaria - Variabili Aleatorie e Funzioni Aleatorie; la autocorrelazione spaziale: Variogramma e Covarianza Spaziale; i Variogrammi sperimentali e modello; Varianze: di Estensione, di Stima, di Dispersione; la stima lineare: Krigaggio Ordinario e Krigaggio Semplice; La Regolarizzazione.

Geostatistica Monovariata Non Stazionaria - Funzioni Aleatorie Non Stazionarie; la Deriva; il Krigaggio Universale; La Deriva Esterna; le Funzioni Aleatorie Intrinseche di grado k (FAI-k); la Covarianza Generalizzata; Il Krigaggio di FAI-k.

Geostatistica Multivariata - Le cross-correlazioni; Variogrammi incrociati; Modelli di cross-correlazione: il Modello Lineare; il Co-krigaggio; Il Krigaggio di Componenti; Il Co-Krigaggio di FAI-k.

Geostatistica non Lineare

Stimatori non Lineari - La Speranza Condizionale; il Krigaggio delle indicatrici ed il Krigaggio Disgiuntivo; i modelli: mosaico, isofattoriale, gaussiano discreto; il Cambio di Supporto: Stima Globale e Stima Locale.

Modelli simulati - Modelli Numerici Stimati e Simulati; Simulazione Condizionata e Non Condizionata; Anamorfosi: Grafica ed Ermitiana; La Simulazione Sequenziale od Autoregressiva: La Simulazione mediante "Bandes Tournantes"; altre tecniche di Simulazione.

Esercitazioni

Le esercitazioni, che costituiscono parte integrante dell'Insegnamento, verranno realizzate prevalentemente utilizzando il Laboratorio Didattico Informatico del DICMA. In particolare verranno sviluppate le seguenti attività: Applicazioni pratiche degli algoritmi studiati a lezione, Richiami di programmazione FORTRAN, Sviluppo ed implementazione di un programmi di calcolo per la soluzione di problemi specifici, Calcolo numerico al PC delle relazioni teoriche della settimana precedente.

Testi consigliati:

R. BRUNO, G. RASPA, *La Pratica Della Geostatistica Lineare*, Ed. A. Guerini & Ass., Milano, 1994.

A. JOURNEL-C. HUIJBREGTS, *Minings Geostatistics*, Academic Press Inc Ltd, London, 1978.

J. RIVOIRARD, *Non Linear Geostatistics*, Clarendon Press Oxford, Oxford, 1994.
H. WACKERNAGEL, *Multivariated Geostatistics*, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 1995.

Esami

L'esame, orale, prevede la discussione di un lavoro applicativo su un tema scelto dallo studente e sviluppato in una tesina, da consegnare una settimana prima.

GEOTECNICA **BO, cds: R, D, C**

Docente: **Guido Gottardi** prof. ass.
Pier Vincenzo Righi prof. ord.

OBBIETTIVI E FINALITÀ DEL CORSO: fornire agli allievi le principali nozioni relative al comportamento fisico-meccanico delle terre e le conoscenze necessarie per affrontare i numerosi problemi inerenti il suolo nell'ambito delle costruzioni.

PROGRAMMA

1) *Introduzione e premesse generali* - Vari tipi di suolo e loro caratteristiche fondamentali - Proprietà delle particelle fini.

2) *Caratteristiche fisiche* delle terre e loro determinazione sperimentale - Umidità - Densità - Peso specifico reale - Porosità e indice dei vuoti - Granulometria - Limiti di Atterberg - Permeabilità.

3) *Caratteristiche meccaniche* delle terre e loro determimazione sperimentale - Compressibilità (teoria dell'edometro) - Angolo di attrito interno e coesione (prova di taglio Casagrande - prova triassiale - prova di taglio con scissometro).

4) *Prove in situ* - Prove di carico con piastra - Prova penetrometrica (penetrometro statico a penetrometro dinamico) - Vane test campale.

5) *Equilibrio delle terre* - Pressione litostatica - Componente orizzontale della tensione. Equilibri limiti - Terreno con estradosso orizzontale - Terreno con estradosso inclinato.

6) *Diffusione delle pressioni nel sottosuolo* - Teoria di Boussinesq - Teoria di Frolich - Vari tipi di rappresentazione grafica - Superfici di carico a rigidezza nulla e a rigidezza infinita - Metodi approssimati.

7) *Formule di stabilità* - Carico critico - Teoria di Froelich - Carico di rottura - Teorie di Rankine - Ritter - Prandtl - Caquot - Terzaghi.

8) *Applicazioni pratiche delle teorie svolte.*

9) *Spinte delle terre sulle opere di sostegno* - spinta attiva e resistenza passiva - teorie di Coulumb e Rankine - costruzioni grafiche.

10) *Stabilità dei pendii* - Classificazione delle frane - Effetti dell'acqua nel sottosuolo - Equazione generale per pendio illimitato - Strumentazione delle frane - Metodi di verifica secondo Fellenius e Bishop - Interventi per il consolidamento delle frane: trincee drenanti; pozzi drenanti; muri di sostegno a tiranti - Effetti dello scavo di una trincea e della costruzione di un terrapieno su un pendio - Percorsi di tensione relativi.

11) *Pali di fondazioni* - Pali infissi - Pali realizzati in opera - Formule statiche e dinamiche per la definizione della capacità portante del palo singolo - Ripartizione del carico tra attrito laterale e portata di base.

Testi consigliati:

P. COLOMBO-F. COLLESELLI, *Elementi di geotecnica*, ed. Zanichelli, 1966.

C. CESTELLI GUIDI, *Geotecnica e tecnica delle fondazioni*, ed. Hoepli.
K. TERZAGHI-R.B. PECK, *Geotecnica*, ed. UTET.
R. LANCELLOTTA, *Geotecnica*, ed. Zanichelli.

Propedeuticità consigliate: Idraulica e Scienza delle costruzioni.
Esami orali.

GEOTECNICA L **BO, cds: C**
Docente: **Guido Gottardi** prof. ass.

Analisi e classificazione delle terre. Processi di formazione del terreno. Principali tipi di terre. Componenti mineralogiche e caratteristiche strutturali. Caratteristiche fisiche delle terre e proprietà indice. Analisi granulometrica. Limiti di Atterberg. Sistemi di classificazione delle terre.
L'acqua nel terreno. Proprietà dell'acqua interstiziale. Principio delle tensioni efficaci. Fenomeni di capillarità, ritiro e rigonfiamento. Moti di filtrazione attraverso un mezzo poroso. La legge di Darcy e il coefficiente di permeabilità. Pressione di filtrazione e gradiente idraulico critico. Moti di filtrazione 2D, costruzione del reticolato di flusso.
Tensioni litostatiche. Il terreno come mezzo continuo. Rappresentazione dello stato tensionale, convenzioni di segno. Profilo delle tensioni litostatiche verticali. Coefficiente di spinta a riposo. Storia dello stato tensionale. Pressione di preconsolidazione e cause di sovraconsolidazione. Distribuzione elastica delle tensioni nel sottosuolo.
Compressibilità e consolidazione. La prova di compressione edometrica. Il processo di consolidazione monodimensionale secondo Terzaghi. Parametri edometrici e calcolo dei cedimenti. Consolidazione secondaria.
Resistenza al taglio delle terre. Criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Parametri di resistenza al taglio e loro determinazione sperimentale. Prove di taglio diretto e di compressione triassiale. Resistenza e deformabilità dei terreni incoerenti e coesivi. Resistenza al taglio residua. Verifiche di stabilità a breve e lungo termine.
Le indagini geotecniche. Finalità e mezzi di indagine. Sondaggi e prelievo di campioni. Prove in sito: prove penetrometriche statiche e dinamiche, prova con piezocono, prova scissometrica. Misure in sito.
Stati di equilibrio limite e spinta delle terre. Equilibrio limite attivo e passivo, coefficienti di spinta, diagrammi di spinta. Altezza critica di una parete verticale.
Stabilità dei pendii. Pendio indefinito. Analisi di stabilità con metodi dell'equilibrio limite. Altri metodi. Parametri di resistenza al taglio nelle analisi di stabilità. Cenni sui movimenti franosi e sulle modalità di intervento.
Opere di sostegno. Tipologie e metodi di calcolo delle spinte. Verifiche di stabilità.
Fondazioni. Fondazioni dirette e profonde: tipologie e tecniche esecutive. Capacità portante di fondazioni superficiali secondo Rankine e Terzaghi. Verifiche a breve e lungo termine. Calcolo dei cedimenti delle fondazioni. Pali battuti, a cassaforma infissa e trivellati. Formule statiche e dinamiche per pali di fondazione, portata di base e per attrito laterale.
Normativa geotecnica vigente.

GEOTECNICA L **BO, cds: R**
Docente: **Pier Vincenzo Righi** prof. ord.

Analisi e classificazione delle terre. Processi di formazione del terreno. Principali tipi di terre. Componenti mineralogiche e caratteristiche strutturali. Caratteristiche fisiche delle terre e proprietà indice. Analisi granulometrica. Limiti di Atterberg. Sistemi di classificazione delle terre.
L'acqua nel terreno. Proprietà dell'acqua interstiziale. Principio delle tensioni efficaci. Fenomeni di capillarità, ritiro e rigonfiamento. Moti di filtrazione attraverso un mezzo poroso. La legge di Darcy e il coefficiente di permeabilità. Pressione di filtrazione e gradiente idraulico critico. Moti di filtrazione 2D, costruzione del reticolato di flusso.
Tensioni litostatiche. Il terreno come mezzo continuo. Rappresentazione dello stato tensionale, convenzioni di segno. Profilo delle tensioni litostatiche verticali. Coefficiente di spinta a riposo. Storia dello stato tensionale. Pressione di preconsolidazione e cause di sovraconsolidazione. Distribuzione elastica delle tensioni nel sottosuolo.
Compressibilità e consolidazione. La prova di compressione edometrica. Il processo di consolidazione monodimensionale secondo Terzaghi. Parametri edometrici e calcolo dei cedimenti. Consolidazione secondaria.
Resistenza al taglio delle terre. Criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Parametri di resistenza al taglio e loro determinazione sperimentale. Prove di taglio diretto e di compressione triassiale. Resistenza e deformabilità dei terreni incoerenti e coesivi. Resistenza al taglio residua. Verifiche di stabilità a breve e lungo termine.
Le indagini geotecniche. Finalità e mezzi di indagine. Sondaggi e prelievo di campioni. Prove in sito: prove penetrometriche statiche e dinamiche, prova con piezocono, prova scissometrica. Misure in sito.
Stati di equilibrio limite e spinta delle terre. Equilibrio limite attivo e passivo, coefficienti di spinta, diagrammi di spinta. Altezza critica di una parete verticale.
Stabilità dei pendii. Pendio indefinito. Analisi di stabilità con metodi dell'equilibrio limite. Altri metodi. Parametri di resistenza al taglio nelle analisi di stabilità. Cenni sui movimenti franosi e sulle modalità di intervento.
Normativa geotecnica vigente.

GESTIONE AZIENDALE **BO, cds: G**
Docente: **Federico Munari** ric.

Obiettivo e contenuti del corso

Il corso affronta il processo di formulazione della strategia aziendale fornendo adeguate conoscenze metodologiche circa l'esame delle principali variabili che influenzano le singole decisioni e le modalità da seguire per la loro implementazione. L'enfasi è posta sul processo di analisi strategica a partire da una valutazione obiettiva delle scelte competitive aziendali e dell'orientamento di sviluppo nel lungo termine.

Il corso prevede la spiegazione dei principali processi decisionali esistenti in impresa. Essi, a livello didattico ed in una prima fase, saranno analizzati distinguendo il momento strategico da quello operativo e verranno affrontati con ottiche funzionali.

Programma

Il corso si articola nelle seguenti parti:

La formulazione della strategia
- il concetto di strategia: definizioni, obiettivi e risultati
- l'ambito competitivo e l'analisi settoriale
- il processo di segmentazione
- la strategia basata sulle risorse e competenze
- l'individuazione e le fonti del vantaggio competitivo
- le strategie di base e le modalità per la creazione delle posizioni di vantaggio
- l'evoluzione settoriale
- l'analisi dell'integrazione verticale
- la strategia di diversificazione e il governo delle imprese diversificate
- la strategia di internazionalizzazione

L'implementazione delle decisioni a livello funzionale con particolare attenzione a:
- la gestione operativa
- la gestione commerciale.

Si cercherà quindi di ricomporre il processo decisionale enfatizzando sia gli aspetti interfunzionali sia l'approccio per processi. La modalità didattica si basa su lezioni di carattere teorico affiancate dall'analisi e discussione di casi aziendali relativi ad imprese italiane e internazionali e ad un vasto spettro di settori, al fine di privilegiare la concreta applicazione dei concetti e degli strumenti proposti. Sono previste testimonianze da parte di manager e imprenditori a complemento dei contenuti teorici forniti nel corso.

Testi consigliati

ROBERT M. GRANT, *L'analisi strategica per le decisioni aziendali*, ed. Il Mulino, Bologna, 1999.

Una selezione di articoli e altro materiale didattico sarà indicato e/o reso disponibile a cura del docente durante lo svolgimento del corso.

Modalità d'esame
L'esame prevede una prova orale.
Le date d'esame e le liste di iscrizione sono gestite dal sistema UNIWEX della Facoltà di Ingegneria (https://uniwex.unibo.it/uniwex/index.do).

GESTIONE AZIENDALE LA **BO, cds: G, P**
Docente: **Alessandro Grandi** prof. ord.

Obiettivo e contenuti del corso
Il corso intende fornire le conoscenze fondamentali relative alla organizzazione e alla gestione dei progetti, con particolare riguardo ai progetti di innovazione.

Una prima parte del corso introduce le condizioni strategiche e organizzative dei processi di innovazione tecnologica da cui nascono i progetti di innovazione.

La seconda parte del corso sviluppa gli aspetti organizzativi e gestionali specifici del project management. Dopo aver caratterizzato i processi gestionali a impulso rispetto ai processi a flusso, sono introdotte e analizzate le forme alternative di strutture organizzative di progetto, i ruoli organizzativi tipici e gli aspetti peculiari di comportamento organizzativo (stili di leadership, conflitto

e negoziazione, costruzione e gestione dei gruppi). I problemi di programmazione e il controllo dei progetti sono sviluppati in termini differenziali rispetto ai contesti tradizionali e sono presentati gli strumenti e le tecniche specifiche per il controllo delle risorse, dei tempi e dei costi di progetto, a livello di progetto singolo e in condizioni multi progetto. Relativamente ai progetti d'investimento caratterizzati da elevata incertezza, sono presentati i modelli e le tecniche specifiche di valutazione strategica ed economica. Sono inoltre presentati gli aspetti organizzativi dei modelli di gestione dei processi di sviluppo dei muovi prodotti (concurrent e simultaneous enginnering).

La terza parte del corso è di natura essenzialmente applicativa e prevede la presentazione di soluzioni software a supporto della gestione dei progetti e la presentazione e discussione di casi ed esperienze settoriali di project management.

Programma

Il corso si articola nelle seguenti parti:

1.- Innovazione tecnologica e organizzazione della R&S
- Il processo innovativo: fasi e decisioni critiche.
- Le fonti funzionali dell'innovazione: utilizzatori, produttori, fornitori.
- Valutazione e previsione tecnologica
- Sviluppo interno e forme di sviluppo esterno della tecnologia.
- Strutture e processi organizzativi della funzione R&S.

2. Valutazione, organizzazione e gestione dei progetti.
- Caratteristiche specifiche della gestione per progetti.
- Strutture e ruoli organizzativi di progetto.
- Tecniche di programmazione e controllo dei progetti: CPM e PERT.
- Programmazione e controllo economico dei progetti.
- La gestione multi progetto.
- Aspetti di comportamento organizzativo nel project management.
- Simultaneous & concurrent engineering: aspetti organizzativi e tecniche operative.
- La valutazione economica dei progetti d'investimento in condizioni di elevata incertezza.

3. Strumenti, esperienze e approfondimenti settoriali di project management
- Sistemi software per la gestione dei progetti: soluzioni applicative e principali funzionalità
- I progetti di sviluppo nuovi prodotti
- Il project management nella ricerca scientifica
- I progetti di cambiamento organizzativo e nei sistemi informativi
- Il project management nell'engineering-construction

Testi consigliati

I riferimenti bibliografici dei testi di riferimento per la preparazione del corso, esercizi didattici ed eventuale altro materiale didattico saranno resi disponibili agli studenti in rete nelle pagine dedicate al corso nel sito http://universibo.ing.unibo.it all'avvio e durante lo svolgimento del corso.

Modalità d'esame

L'esame finale prevede una prova scritta le cui date saranno fissate in base al calendario della Facoltà e comunicate mediante il servizio Uniwex (https://uniwex.unibo.it). L'iscrizione alla prova d'esame avviene esclusivamente attraverso il servizio Uniwex.

GESTIONE AZIENDALE LB **BO, cds: G, P**

Docente: **Andrea Zanoni** prof. ord.

Obiettivo e contenuti del corso

Il corso affronta il processo decisionale di un'impresa fornendo adeguate conoscenze metodologiche circa l'esame delle principali variabili che influenzano le singole decisioni e le modalità da seguire nell'implementazione delle stesse.

L'enfasi del corso è rivolta alla soluzione dei problemi e si vuole abituare gli studenti ad affrontare gli stessi con una logica di processo.

Programma

Il corso prevede la spiegazione dei principali processi decisionali esistenti in impresa. Essi, a livello didattico ed in una prima fase, saranno analizzati distinguendo il momento strategico da quello operativo e verranno affrontati con ottiche funzionali.

Gli argomenti affrontati sono:

– la formulazione della strategia

– l'analisi settoriale e l'individuazione del vantaggio competitivo

– l'individuazione delle aree strategiche d'affari

– le strategie di base e le modalità per la creazione delle posizioni di vantaggio

– lo sviluppo dell'impresa attraverso iniziative di crescita interna ed esterna

– l'implementazione delle decisioni a livello funzionale con particolare attenzione a: la gestione operativa la gestione commerciale.

– Si cercherà quindi di ricomporre il processo decisionale enfatizzando sia gli aspetti interfunzionali sia l'approccio per processi. Questi obbiettivi verranno perseguiti a livello didattico mediante la discussione in aula di casi aziendali ed invitando dirigenti ed operatori aziendali a svolgere testimonianze guidate. Tali esperienze verranno poi razionalizzate e ricondotte ai modelli generali e al contesto italiano.

Modalità d'esame e sua preparazione

La preparazione dell'esame potrà essere realizzata utilizzando i testi e i materiali didattici che verranno consigliati all'inizio del corso e verranno resi pubblici nel sito web del docente.

Letture propedeutiche consigliate

La comprensione e l'assimilazione dei contenuti risulterà facilitata, soprattutto agli studenti che non possono frequentare le lezioni, da letture propedeutiche che introducano le tematiche produttive e commerciali delle imprese. A questo scopo può essere utilizzata tutta la manualistica in materia.

Il testo di riferimento per la preparazione verrà comunicato all'inizio del corso.

GESTIONE DELL'ENERGIA **BO, cds: G, M**

Docenti: **Enrico Lorenzini** prof. ord.
Sandro Salvigni prof. ord.

· Nozioni di illuminotecnica. Modelli matematici. Statistiche Energetiche. Domande di autovalutazione. Energia ed Exergia.Exergoeconomia.Rendimenti di I e II postulato della T.

Analisi exergetica. Emergia. Analisi emergetica. Curve logistiche. Q. di E. per una definita popolazione.

· Il ruolo dell'Energy Manager. Analisi di investimenti aziendali. Macchine ad energia totale. Pompe di calore. Riscaldamento urbano ed interdipendenze industriali. Contabilità energetica.

· Scambiatori di calore. Dimensionamento scambiatori di calore.

· Nozioni sui combustibili. Metodologie ed opportunità di risparmio energetico. Risparmio energetico negli impianti elettrici industriali. Nozioni di termotecnica applicata alle costruzioni edilizie. Exergia di processo ed exergia di impianto.

Trasporto molecolare

Trasporto molecolare. Trasporto di materia, calore, quantità di moto. Fluidi non newtoniani. Applicazione della teoria del trasporto molecolare allo stato non stazionario con generazione interna. Trasporto turbolento. Distribuzione delle velocità del moto turbolento. Trasporto di calore e di materia nel moto turbolento. Analisi matematica del moto trubolento. Sviluppi fondamentali del moto turbolento. Lo strato limite. L'analogia di Reynolds. L'analogia di Colburn. L'analogia di Martinelli. Teoria della penetrazione.

Ebollizione

Trasporto di calore in presenza di un cambiamento di fase. Flusso bifase. Determinazione della caduta di pressione. Dimensionamento di bocche di efflusso. Fenomeni di instabilità e metastabilità.

Bilancio termico in transitorio

Riscaldamento di ambienti industriali

Ricuperi interni di calore. Cogenerazione di elettricità e calore. Il problema dell'energia. Analisi di regressione e correlazione verifica ipotesi sul valore medio. Ecologia applicata alla protezione dell'ambiente dall'inquinamento. Le varie forme dell'energia primaria. Impieghi dell'energia solare. Rifiuti e biomasse. Il problema della sicurezza. Attribuzione di costi unitari separatri a prodotti ottenuti congiuntamente.

Il fabbisogno energetico dell'umanità e il caso Italia.

Esame scritto e orale.

Bibliografia

GUGLIELMINI, PISONI, *Elementi di trasmissione del calore*, Ed. Veschi.
A. SPENA, *Fondamenti di energetica*, Ed. CEDAM.
ENEA: *Metodologie di risparmio energetico*, Ed. HOEPLI.

GESTIONE DELL'ENERGIA L **BO, cds: G**

Docente: **Enrico Lorenzini** prof. ord.

· Nozioni di illuminotecnica. Modelli matematici. Statistiche Energetiche. Domande di autovalutazione. Energia ed Exergia.Exergoeconomia.Rendimenti di I e II postulato della T.

Analisi exergetica. Emergia. Analisi emergetica. Curve logistiche. Q. di E. per una definita popolazione.

· Il ruolo dell'Energy Manager. Analisi di investimenti aziendali. Macchine ad energia totale. Pompe di calore. Riscaldamento urbano ed interdipendenze industriali. Contabilità energetica.

· Scambiatori di calore. Dimensionamento scambiatori di calore.

· Nozioni sui combustibili. Metodologie ed opportunità di risparmio energetico. Risparmio

energetico negli impianti elettrici industriali. Nozioni di termotecnica applicata alle costruzioni edilizie. Exergia di processo ed exergia di impianto.

Trasporto molecolare

Trasporto molecolare. Trasporto di materia, calore, quantità di moto. Fluidi non newtoniani. Applicazione della teoria del trasporto molecolare allo stato non stazionario con generazione interna. Trasporto turbolento. Distribuzione delle velocità del moto turbolento. Trasporto di calore e di materia nel moto turbolento. Analisi matematica del moto trubolento. Sviluppi fondamentali del moto turbolento. Lo strato limite. L'analogia di Reynolds. L'analogia di Colburn. L'analogia di Martinelli. Teoria della penetrazione.

Ebollizione

Trasporto di calore in presenza di un cambiamento di fase. Flusso bifase. Determinazione della caduta di pressione. Dimensionamento di bocche di efflusso. Fenomeni di instabilità e metastabilità.

Bilancio termico in transitorio

Riscaldamento di ambienti industriali

Ricuperi interni di calore. Cogenerazione di elettricità e calore. Il problema dell'energia. Analisi di regressione e correlazione verifica ipotesi sul valore medio. Ecologia applicata alla protezione dell'ambiente dall'inquinamento. Le varie forme dell'energia primaria. Impieghi dell'energia solare. Rifiuti e biomasse. Il problema della sicurezza. Attribuzione di costi unitari separatri a prodotti ottenuti congiuntamente.

Il fabbisogno energetico dell'umanità e il caso Italia.

Esame scritto e orale.

Bibliografia

GUGLIELMINI, PISONI, *Elementi di trasmissione del calore*, Ed. Veschi.
A. SPENA, *Fondamenti di energetica*, Ed. CEDAM.
ENEA: *Metodologie di risparmio energetico*, Ed. HOEPLI.

GESTIONE DELL'INNOVAZIONE E DEI PROGETTI

BO, cds: Q, G

Docente: **Maurizio Sobrero** prof. straord.

Obiettivo e contenuti dell'Insegnamento

Si vuole fornire le conoscenze necessarie per comprendere le variabili economico-organizzative che influenzano la gestione dei processi di innovazione tecnologica nelle imprese industriali e di servizi. Dopo aver introdotto gli elementi fondamentali dell'analisi economica dell'innovazione e le condizioni di contesto – economiche e istituzionali – che impattano sulle capacità innovative delle imprese, l'Insegnamento sviluppa gli aspetti organizzativi e gestionali del processo innovativo, riservando attenzione specifica all'analisi strategica delle scelte tecnologiche d'impresa, all'organizzazione dell'area ricerca e sviluppo e alla sua integrazione con le altre funzioni aziendali, alla valutazione economica dei progetti di innovazione, alla gestione dei progetti di sviluppo di nuovi prodotti e processi.

Programma

L'Insegnamento si articola nelle seguenti parti:

1. Innovazione tecnologica e gestione del patrimonio tecnologico dell'impresa.

- Innovazione tecnologica e sviluppo economico: le teorie economiche rilevanti.
- Tecnologia, innovazione tecnologica e struttura dei settori industriali.
- Le fonti funzionali dell'innovazione: innovazioni sviluppate dagli utilizzatori, dai produttori, dai fornitori.
- L'interpretazione economica e competitiva delle fonti dell'innovazione.
- Tipologie di innovazioni.
- Patrimonio tecnologico e posizione competitiva dell'impresa.
- Il processo innovativo: fasi e decisioni critiche.
- Sviluppo interno e forme di sviluppo esterno del patrimonio tecnologico.
- Processi innovativi e relazioni fra imprese: le relazioni con i fornitori.
- Il portafoglio progetti.

2. Organizzazione e gestione della R&S e dei progetti.
- Le strutture organizzative di base della funzione R&S.
- Problemi di gestione delle risorse umane nell'attività di R&S.
- Il trasferimento tecnologico: l'integrazione inter funzionale.
- Caratteristiche specifiche della gestione per progetti.
- Le variabili organizzative del project management.
- Strutture e ruoli organizzativi di progetto.
- La dimensione gestionale delle tecniche di programmazione e controllo dei progetti.
- Il ruolo del project manager.
- La gestione multi progetto.

3. Analisi dei progetti di investimento.
- I calcoli di convenienza economica.
- Gli investimenti: tipologie e analisi finanziaria.
- Formule di interesse e di attualizzazione.
- Modelli di analisi e di valutazione degli investimenti: VAN, TIR, IRA, ecc.
- Problemi e tecniche di valutazione in condizioni di incertezza
- La valutazione degli investimenti a valenza strategica.
- Valutazione e selezione del portafoglio progetti di R&S.

Modalità d'esame

L'esame prevede una prova scrittae una prova orale le cui date verranno fissate in base al calendario della Facoltà e comunicate mediante Uniwex.
Lo studente deve sostenere l'orale nell'appello fissato immediatamente dopo la data in cui ha superato la prova scritta.

Gli studenti he hanno superato la prova scritta sono automaticamente iscritti alla prova orale immediatamente successiva.

Non sono previsti appelli al di fuori delle sessioni ufficiali d'esame.

Testi Consigliati

R.A. Brealey, S.C. Myers, S. Sandri, *Capital Budgeting*, Mcgraw Hill, Milano, 1999, Cap. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10,11.

M. Sobrero (a cura di), *Gestione dell'innovazione: Strategia, Organizzazione, Tecniche Operative*, Carrocci Editore, Roma, 1999.

R.D. Archibald, *Project Menagement: la Gestione di Progetti e Programmi Complessi*, Franco Angeli, Milano, 1977.

GESTIONE DELL'INNOVAZIONE E DEI PROGETTI LS **BO, cds: I**
Docente: **Federico Munari** ric.

Obiettivo e contenuti del corso

Il corso vuole fornire le conoscenze necessarie per comprendere le variabili economiche e organizzative che influenzano la gestione dei processi di innovazione tecnologica nelle imprese industriali e di servizi, con riferimento particolare ai settori dell'ICT. Dopo aver introdotto gli elementi fondamentali dell'analisi economica dell'innovazione e le condizioni di contesto – economiche e istituzionali – che influenzano le capacità innovative delle imprese, il corso sviluppa gli aspetti organizzativi e gestionali del processo innovativo, riservando attenzione specifica all'analisi strategica delle scelte tecnologiche d'impresa, all'organizzazione dell'area ricerca e sviluppo e alla sua integrazione con le altre funzioni aziendali, alle tecniche operative a supporto delle attività d'innovazione.

Il corso affronta, inoltre, gli aspetti organizzativi e le tecniche operative caratteristiche della gestione per progetti, con particolare riguardo ai progetti di innovazione, di sviluppo nuovi prodotti e di cambiamento organizzativo.

Programma

Il corso si articola nelle seguenti parti:

1.- Innovazione tecnologica e gestione del patrimonio tecnologico dell'impresa.
- Innovazione tecnologica e sviluppo economico: le teorie economiche rilevanti.
- Tecnologia, innovazione tecnologica e struttura dei settori industriali.
- Discontinuità tecnologiche e impatto sulla base di competenze aziendali.
- Technological assessment & forecasting.
- Il processo di diffusione delle innovazioni.
- Sviluppo interno e forme di sviluppo esterno del patrimonio tecnologico
- La protezione delle innovazioni.
- La competizione nei settori standard-driven.

2. - Organizzazione e gestione della R&S e dei progetti.
- Le strutture organizzative di base della funzione R&S.
- Problemi di gestione delle risorse umane nell'attività di R&S.
- Caratteristiche specifiche della gestione per progetti.
- L'organizzazione dei progetti di sviluppo nuovi prodotti nei settori tradizionali.
- L'organizzazione dei progetti di sviluppo nuovi prodotti nel settore del software e delle applicazioni Internet.
- La gestione multi progetto.

3. – Tecniche operative per lo sviluppo di innovazione.
- Tecniche di programmazione e controllo dei progetti: PERT e CPM.
- Strumenti di gestione del portafoglio progetti: la mappa aggregata di progetto.
- Modularità, piattaforme e mappe di prodotto.
- Tecniche operative a supporto del progettazione e sviluppo nuovi prodotti: analisi del valore, QFD e VRP.
- Tecniche di valutazione dei progetti di sviluppo di innovazione.

4. – Competere al tempo di Internet: analisi competitiva dei settori ICT.
- L'impatto di Internet sulle fonti di vantaggio competitivo

- L'impatto di Internet sulla struttura di settore
- Modelli di business basati su Internet: componenti e dinamiche
- Il settore degli Internet Service Provider
- Il settore delle telecomunicazioni
- Il settore del software
- B2B
- B2C

Testi consigliati

M. SOBRERO (a cura di), *Gestione dell'Innovazione: strategia, organizzazione, tecniche operative*, Carrocci Editore, Roma, 1999.
Una selezione di articoli e altro materiale didattico sarà indicato e/o reso disponibile a cura del docente durante lo svolgimento del corso.

Modalità d'esame

L'esame prevede una prova scritta. Le date d'esame e le liste di iscrizione sono gestite dal sistema UNIWEX della Facoltà di Ingegneria.

GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE **BO, cds: R, C**

Docente: **Alberto Montanari** prof. ass.

Finalità del corso

L'insegnamento si propone di trattare i concetti fondamentali per la gestione razionale di sistemi di approvvigionamento idrico e reti di bonifica. Saranno in particolare considerati la stima dei fabbisogni idrici, la gestione dei serbatoi e delle reti irrigue. È inoltre prevista la trattazione di metodi di modellazione delle qualità delle acque superficiali, nonché tecniche di analisi di serie temporali idrologiche e generazione di dati sintetici.

Programma delle lezioni

Obiettivi della pianificazione delle risorse idriche.

Stima dei fabbisogni idrici. Fonti di approvvigionamento idrico convenzionali e non convenzionali. Vincoli qualitativi all'utilizzo delle risorse idriche.

Modelli di qualità fluviale. Equazione di bilancio di massa monodimensionale. Sottomodello idraulico, termico e biochimico. L'ipotesi di assenza di dispersione. Modello di Streether-Phelps.

Gestione ottimale dei serbatoi. Definizione delle funzioni di costo e beneficio associate alle regole di gestione. Tecniche di ricerca dei minimi di funzioni obiettivo.

Tecniche di simulazione stocastica per l'ottimizzazione della gestione dei serbatoi. Analisi delle serie storiche idrologiche. Tecniche di stima delle oscillazioni stagionali. Generazione di serie sintetiche con modelli univariati e multivariati.

Reti di bonifica. Calcolo dei fabbisogni irrigui. Calcolo delle portate di piena. Dimensionamento dei canali di bonifica e dei relativi manufatti accessori principali. Tracciamento dei profili del pelo libero. Dimensionamento degli impianti di sollevamento.

Cenni sugli effetti di possibili cambiamenti climatici e interventi antropici sulla disponibilità di risorse idriche.

Programma delle esercitazioni

Durante il corso saranno svolte esercitazioni assistite, mediante utilizzo di calcolatori elettronici, che prevedono la soluzione pratica di problemi attinenti gli argomenti trattati nelle lezioni teoriche. Sono previste lezioni di introduzione all'utilizzo di fogli elettronici e linguaggi di programmazione per la soluzione degli esercizi proposti.

Tesi di laurea

Modelli matematici per l'analisi e la simulazione della dinamica dei processi idrologici.
Metodologie di generazione di serie idrologiche sintetiche.
Progettazione e verifica di reti idriche.
Analisi statistica di serie di precipitazioni e deflussi fluviali.
Il docente è disponibile a valutare tesi di laurea su altri argomenti proposti dallo studente.

Testi consigliati

Una selezione di testi consigliati verrà proposta durante il corso.

GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE L **BO, cds: R**

Docente: **Alberto Montanari** prof. ass.

Finalità del corso

L'insegnamento si propone di trattare i concetti fondamentali per la gestione razionale di sistemi di approvvigionamento idrico. Saranno in particolare considerati la gestione dei serbatoi e delle reti di approvvigionamento idrico. È inoltre prevista la trattazione di metodi di modellazione di serie temporali idrologiche.

Programma delle lezioni

Obiettivi della pianificazione delle risorse idriche.
Reperimento delle risorse idriche.
Definizione delle funzioni di costo e beneficio associate alla pianificazione delle risorse idriche. Tecniche di ricerca dei minimi di funzioni obiettivo.
Tecniche di simulazione stocastica per l'ottimizzazione della gestione delle risorse idriche. Analisi delle serie storiche idrologiche.
Cenni sugli effetti di possibili cambiamenti climatici e interventi antropici sulla disponibilità di risorse idriche.

Programma delle esercitazioni

Durante il corso saranno svolte esercitazioni assistite, mediante utilizzo di calcolatori elettronici, che prevedono la soluzione pratica di problemi attinenti gli argomenti trattati nelle lezioni teoriche. Sono previste lezioni di introduzione all'utilizzo di fogli elettronici e linguaggi di programmazione per la soluzione degli esercizi proposti.

Tesi di laurea

Modelli matematici per l'analisi e la simulazione della dinamica dei processi idrologici.
Progettazione e verifica di reti idriche.
Analisi statistica di serie di precipitazioni e deflussi fluviali.
Il docente è disponibile a valutare tesi di laurea su altri argomenti proposti dallo studente.

Testi consigliati

Una selezione di testi consigliati verrà proposta durante il corso.

GIACIMENTI MINERARI **BO, cds: R**

Docente: **Roberto Bruno** prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento:

L'insegnamento si propone di fornire gli elementi di base per la definizione, caratterizzazione e gestione delle principali georisorse. Viene fatto riferimento alle materie prime minerali (metallifere e non metallifere, solide e fluide, energetiche e non energetiche) e per altre georisorse oggetto di sfruttamento da parte dell'uomo, quali ad esempio suolo e sottosuolo.

L'approccio è di tipo modellistico ed intende dotare lo studente delle metodologie di base per la elaborazione quantitativa delle grandezze naturali e dei parametri tecnico-economico ed ambientali che intervengono, come informazioni di base dei progetti specifici di sfruttamento, nella identificazione e valorizzazione di una georisorsa.

Programma

L'insegnamento è suddiviso in una parte di teoria e studio delle georisorse (Lezioni) ed in una parte di acquisizione delle metodologie necessarie alla caratterizzazione delle stesse (Esercitazioni).

Vengono introdotte alcune definizioni fondamentali sulle georisorse e sulle materie prime minerali in particolare, sui problemi di classificazione e di gestione, sulla problematica di passaggio da risorsa a riserva e sull'impatto del loro sfruttamento. Una sostanziale parte dell'insegnamento viene incentrata sia sulla Giacimentologia classica (La classificazione dei giacimenti minerari. Le Provincie Metallogeniche. I giacimenti affiliati a rocce di vario tipo), sia sulle Materie Prime Minerali non metallifere (I Minerali Industriali, Le Rocce Ornamentali). Con riferimento a questa parte dell'insegnamento viene sviluppata la caratterizzazione tecnico-economica di un giacimento e la teoria relativa alle Risorse ed alle Riserve recuperabili.

L'insegnamento, in altra parte, si occupa specificamente delle georisorse fluide, con riferimento agli idrocarburi, alle risorse idrogeologiche ed a quelle geotermiche.

Vengono infine introdotte le tematiche relative ad altre georisorse, quali il suolo ed il sottosuolo, il cui uso non può ormai prescindere da un approfondito studio conoscitivo e valutativo sia delle potenzialità, sia degli impatti.

Esercitazioni

Nel corso delle esercitazioni verranno forniti gli elementi e le metodologie geostatistiche di base per lo studio dei parametri utilizzati per descrivere le georisorse.

Vengono altresì sviluppate le teorie e le tecniche di modellizzazione per le diverse tipologie di georisorse e di problemi applicativi (es. ottimizzazione della prospezione, selezione delle riserve recuperabili, etc.) Vengono inoltre forniti i codici di calcolo su PC per lo svolgimento di un lavoro pratico di caratterizzazione di una georisorsa, che, sotto forma di tesina, costituisce parte integrante dell'esame orale.

Visite e viaggi di istruzione

È consigliata la partecipazione alle visite ed ai viaggi di istruzione annualmente organizzate a cave, miniere ed impianti.

Tesi di laurea

Lavori di modellistica innovativa applicata alla caratterizzazione di una georisorsa.

Testi consigliati:

Lezioni

EDWARDS R. and ATKINSON K., *Ore Deposit Geology*, Hapman & All, London, 1986.
PARK C.F. and MACDIARMAC R.A., Ed. B. De Vivo e F. Ippolito,*Giacimenti Minerari*, Liguori Editore, Napoli, 1988.
ZUFFARDI P., *Giacimentologia e prospezione mineraria*, Pitagora Editrice, Bologna, 1986.
ARCHER LUTTIG and SNEZHKO, *Man Dependence on the Earth*, UNESCO, Paris and Schweizerbart, Stuttgart, 1987.
BLUNDEN J., *Mineral Resources and Their Management*, Longman, London, 1989.
Articoli e dispense fornite dal docente.

Esercitazioni

JOURNEL A.G. and HUUBREGHTS CH., *Mining Geostatistics*, Academic Press, London, 1978.
BRUNO R. e RASPA G., *La pratica della Geostatistica Lineare*, Ed. Guerini & Ass., Milano, 1994.
Articoli e dispense fornite dal docente.

Propedeuticità consigliate: Geologia, Mineralogia e Petrografia.

IDRAULICA LA **BO, cds: R**
Docente: **Gianluigi Bragadin** prof. ord.

1) Le principali grandezze idrauliche. Le forze. Le unità di misura. Le caratteristiche fisiche dei fluidi. Le equazioni fondamentali della meccanica dei continui fluidi.

2) Idrostatica. Le pressioni, le forze, i galleggianti.

3) I carichi effettivo e piezometrico. I fluidi perfetti ed il teorema di Bernouilli. Le luci. I fenomeni localizzati nei condotti.

4) I corsi a pelo libero. I carichi. La profondità critica. Gli stramazzi. I fenomeni localizzati. Il risalto idraulico.

5) Il moto nelle condotte in pressione. L'equazione del moto. Le resistenze. Le prove sperimentali. Moto laminare e turbolento. Moto laminare negli ammassi filtranti.

Moto turbolento di un gas. Gli impianti. Condotta tra due serbatoi. Le linee dei carichi. Le macchine idrauliche: pompe e turbine. Le curve caratteristiche. L'impianto complesso con pompe e turbine. Pompe in serie e parallelo. Gli impianti a circuito chiuso. Lo stoccaggio di energia. Reti di condotte. I sifoni.

6) Il moto nei corsi a pelo libero. Progetto e verifica. La scala di deflusso. Corrente critica, lenta e veloce. Il moto permanente gradualmente variato. I profili di rigurgito. Calcolo numerico di un profilo. La foce. La briglia. La paratoia. Il recupero di energia delle correnti.

7) Cenni di moto vario

IDRAULICA L **BO, cds: C**

Docente: **Vittorio Di Federico** prof. straord.

1. *Generalità*

Grandezze e unità di misura. Analisi dimensionale. Schemi di mezzo continuo. Densità, viscosità, comprimibilità. Equazione di stato. Equazione di continuità.

2. *Idrostatica*

Equazioni globali e puntuali della statica. Azione dei liquidi sopra superfici in quiete. Misure di pressione nei fluidi in quiete. Spinta su superfici piane e gobbe. Equilibrio dei corpi immersi o galleggianti.

3. *Dinamica dei fluidi*

Tensore degli sforzi e tensore delle velocità di deformazione. Equazioni costitutive. Fluidi newtoniani e non newtoniani.

Velocità e accelerazione dei fluidi in moto. Teorema della quantità di moto. Equazioni di Eulero. Teoremi di Bernoulli.

Equazioni di Navier e di Stokes. Esperimento di Reynolds: moto laminare e turbolento. Equazioni di Reynolds e tensore di Reynolds.

Azioni idrodinamiche contro superfici solide. Foronomia. Moto uniforme nelle condotte. Perdite di carico effettivo per brusche variazioni di sezione. Sifoni. Reti di condotte. Impiego di pompe e turbine. Impianti di pompaggio.

Trasformazioni di energia nei corsi a pelo libero; correnti lente e veloci. Risalto idraulico. Altre dissipazioni concentrate: stramazzi e paratoie. Moto uniforme e moto permanente nei condotti a pelo libero. Canale Venturi.

Moti di filtrazione.

Moto vario nelle condotte: oscillazioni di massa e colpo d'ariete.

Testi consigliati

MARCHI, RUBATTA, *Meccanica dei Fluidi*, UTET, Torino, 1981.
CITRINI, NOSEDA, *Idraulica*, CEA, Milano, 1987.
ALFONSI, ORSI, *Problemi di Idraulica e Meccanica dei Fluidi*, CEA, Milano, 1984.

Esami

L'esame prevede una prova scritta (eventualmente frazionata in prove parziali in itinere) ed una orale.

Tesi di Laurea

Sono disponibili Tesi di Laurea di indirizzo teorico e applicativo.

IDRAULICA LB **BO, cds: R**

Docente: **Alberto Lamberti** prof. ord.

Programma

1. *Complementi di Meccanica dei Fluidi*

Fluidi reali. Equazione di Navier-Stokes.

2. *Correnti in pressione*

Moto vario: equazioni del moto e di continuità. Celerità. Oscillazioni di massa. Colpo d'ariete. Pozzo piezometrico. Cassa d'aria.

3. *Correnti a superficie libera*

Richiami sul moto uniforme e sui profili di moto permanente per alvei cilindrici. Moto vario. Equazione di De Saint-Venant. Cenni a fenomeni ondosi e onde di piena. Cenni di idraulica fluviale: trasporto solido, erosioni, sistemazioni.

4. *Similitudine e modelli.*

Leggi di similitudine e numeri puri. Similitudine di Reynolds e di Froude. Modelli fisici (cenni).

4. *Idraulica sotterranea*

Il mezzo poroso: proprietà e scale di osservazione. Acquiferi confinati e non. Approccio del continuo: porosità e velocità di filtrazione. Conduttività idraulica e Legge di Darcy. Equazione di continuità e carico idraulico. Permeabilità direzionale: ellissoide di anisotropia. Anisotropia: il tensore di permeabilità. Generalizzazioni della legge di Darcy. Equazioni deterministiche del flusso. Pozzi artesiani e freatici. Cenni al trasporto di soluti in mezzi porosi.

Testi consigliati

MARCHI, RUBATTA, *Meccanica dei Fluidi*, UTET, Torino, 1981.
CITRINI, NOSEDA, *Idraulica*, CEA, Milano, 1987.
G. DE MARSILY, *Quantitative Hydrogeology*, Academic Press, 1980.

Esami

L'esame prevede una prova scritta (eventualmente frazionata in prove parziali in itinere) ed una orale.

Tesi di Laurea

Sono disponibili Tesi di Laurea di indirizzo teorico e applicativo.

IDROGEOLOGIA APPLICATA **BO, cds: R, Q**

Docente: **Gilberto Bonaga** ric.

Considerazione introduttiva

- L'acqua in natura - Ciclo dell'acqua.
- Caratteristiche idrogeologiche delle rocce e dei terreni - Distribuzione dell'acqua nel sottosuolo.
- Moto dell'acqua nel sottosuolo - Le falde acquifere.
- La cartografia idrogeologica: costruzione ed interpretazione delle carte.
- I bacini di alimentazione idrogeologici, loro determinazione e loro rappresentazione cartografica.
- Le sorgenti: descrizione dei principali tipi e loro classificazione.
- Caratterizzazione delle acque sorgive.
- Le acque e le sorgenti termominerali - Circuiti termominerali.

- Caratterizzazione ed uso delle acque termominerali.
- Le opere di captazione delle acque sorgive - La protezione delle sorgenti.
- Rappresentazione ed interpretazione delle analisi chimiche e chimico fisiche delle acque.
- I sistemi di monitoraggio applicabili ai bacini idrogeologici; descrizione delle principali apparecchiature impiegate.
- Le perforazioni impiegate per lo studio degli acquiferi - I piezometri ed il loro monitoraggio.
- I pozzi per la produzione d'acqua: Prove in pozzo per stabilire le caratteristiche degli acquiferi.
- I drenaggi, loro caratteristiche e loro impiego.
- La depurazione delle acque provenienti dal sottosuolo.
- Cenni alle ricerche di acque sotterranee.

Propedeuticità consigliata: Meccanica dei fluidi nel sottosuolo.

IDROLOGIA **BO, cds: R, C**

Docente: **Ezio Todini** prof. ord.

Programma e obiettivi formativi specifici

Obiettivo del corso di Idrologia è la descrizione qualitativa e quantitativa dei vari fenomeni legati al ciclo idrologico e la valutazione degli elementi utili in fase progettuale degli interventi di sistemazione idraulica del territorio.

A tale fine, viene innanzitutto fornita la descrizione degli strumenti per l'acquisizione dei dati idro-meteorologici e delle metodologie di trattamento dati per l'analisi dei fenomeni alla scala puntuale e di sottobacino.

Vengono trattate separatamente tutte le componenti del ciclo idrologico, partendo da una descrizione quanto più possibile fisica e basata su equazioni differenziali, per giungere anche a modelli semplificati. In particolare vengono studiati: l'intercettazione, l'evapo-traspirazione, l'accumulo e lo scioglimento del manto nevoso, l'infiltrazione, la formazione del ruscellamento, il deflusso in superficie ed in falda, il deflusso in rete drenante.

Vengono poi descritte le metodologie ed i modelli distribuiti e a scala di bacino necessari alla determinazione delle portate nei corsi d'acqua ed al loro trasferimento a sezioni vallive, con particolare attenzione alla determinazione delle portate e dei volumi di progetto.

Infine, il programma di Idrologia è completato da un corso di base di statistica, con particolare attenzione all'analisi dei valori estremi di pioggia e di portata, per consentire le opportune progettazioni in funzione del rischio di superamento.

Testi consigliati

BENJAMIN, J.R. e CORNELL, C.A. 1970: *Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers.* McGraw-Hill.

EAGLESON, P.S. 1970: *Dynamic Hydrology.* McGraw-Hill.

GREPPI, M. 1999: *Idrologia.* Ulrico Hoepli. Milano.

MOISELLO, U. 1998: *Idrologia Tecnica.* La goliardica Pavese. Pavia.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION 1994: *Guide to Hydrological Practices.* WMO n. 168. Ginevra.

Tesi di Laurea

Analisi puntuale e regionalizzata dei valori estremi di pioggia e di portata.

Modellistica fisica dei processi a scala di versante o di bacino con particolare riguardo ai fenomeni di piena.

Modellistica afflussi-deflussi per la previsione ed il controllo delle piene.

Modellistica di propagazione di piena.

Modellistica di infiltrazione e di deflusso in falda acquifera.

Dimensionamento di opere di sistemazione idraulica: arginature, casse d'espansione, serbatoi.

Ottimizzazione e gestione in tempo reale dei serbatoi.

IDROLOGIA L **BO, cds: C**

Docente: **Ezio Todini** prof. ord.

Programma e obiettivi formativi specifici

Obiettivo del corso di Idrologia è la descrizione qualitativa e quantitativa dei vari fenomeni legati al ciclo idrologico.

A tale fine, viene fornita la descrizione degli strumenti per l'acquisizione dei dati idro-meteorologici e delle metodologie di trattamento dati per l'analisi dei fenomeni alla scala di sottobacino.

Vengono poi descritte le metodologie ed i modelli necessari alla determinazione delle portate nei corsi d'acqua ed al loro trasferimento a sezioni vallive, con particolare attenzione alla determinazione delle portate e dei volumi di progetto.

Il corso prevede infine una analisi dei processi stocastici, ed in particolare dell'analisi dei valori estremi di pioggia e di portata, per consentire le opportune progettazioni in funzione del rischio di superamento.

Testi consigliati

BENJAMIN, J.R. e CORNELL, C.A. 1970: *Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers.* McGraw-Hill.

EAGLESON, P.S. 1970: *Dynamic Hydrology.* McGraw-Hill.

GREPPI, M. 1999: Idrologia. Ulrico Hoepli. Milano.

MOISELLO, U. 1998: Idrologia Tecnica. La goliardica Pavese. Pavia.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION 1994: *Guide to Hydrological Practices.* WMO n. 168. Ginevra.

Tesi di Laurea

Analisi puntuale e regionalizzata dei valori estremi di pioggia e di portata.

Modellistica fisica dei processi a scala di versante o di bacino con particolare riguardo ai fenomeni di piena.

Modellistica afflussi-deflussi per la previsione ed il controllo delle piene.

Modellistica di propagazione di piena.

Modellistica di infiltrazione e di deflusso in falda acquifera.

Dimensionamento di opere di sistemazione idraulica: arginature, casse d'espansione, serbatoi.

Ottimizzazione e gestione in tempo reale dei serbatoi.

IDROLOGIA II **BO, cds: C**

Docente: **Stefano Pilati** ass. ord.

L'Insegnamento illustra i modelli matematici per lo studio del deflusso delle acque sotterranee, nel campo saturo e insaturo, e dei principali fenomeni ad esso connessi, dal punto di vista sia quantitativo che qualitativo; e introduce le successive applicazioni numeriche nell'ambito della gestione delle risorse idriche a scala regionale.

Il ciclo idrologico e le acque sotterranee. La zona di aerazione e la zona satura; gli acquiferi e loro classificazione. Il mezzo poroso. Bilancio regionale dell'acqua sotterranea e sue componenti.

L'equazione del moto (Darcy) e la conducibilità idraulica. L'approccio idraulico (moto 2-D nel piano orizzontale) al modo negli acquiferi e la trasmissività.

Il modello matematico di simulazione del deflusso 3-D nella zona satura: le intergranulari; la capacità specifica di accumulo; l'equazione di bilancio di massa; le condizioni iniziali e al contorno.

Il modello matematico del deflusso 2-D negli acquiferi (approccio idraulico): capacità di accumulo elastica e anelastica; equazioni di continuità per i vari tipi di acquifero; condizioni iniziali e al contorno. Esempi di soluzione analitica. La sovrapposizione degli effetti. Le mappe idrologiche.

I fenomeni di subsidenza e consolidamento.

Il modello matematico del deflusso nella zona insatura: capillarità e curve di ritenzione; equazioni del moto e di bilancio di massa; condizioni iniziali e al contorno. Il modello matematico generale per il deflusso nel dominio saturo e/o insaturo.

Il fenomeno della ingressione dell'acqua di mare e in un acquifero costiero: generalità; il modello matematico semplificato (approccio idraulico); il problema gestionale.

Introduzione ai modelli numerici di simulazione: cenni sui metodi delle differenze finite e degli elementi finiti; modelli a celle; schemi espliciti, impliciti e centrati.

Il problema di qualità: il trasporto degli inquinanti e la dispersione idrodinamica; l'equazione della avvezione-dispersione; le sostanze non reattive e reattive; gli schemi semplificati.

Testi consigliati:

J. BEAR, A. VERRUIJT, *Modeling groundwater flow and pollution*, Reidel Publishing Company, 1987.

J. BEAR, *Hydraulics of groundwater*, McGrax-Hill, 1979.

M.P. ANDERSON, W.W. WOESSNER, *Applied groundwater modeling*, Academic Press, 1992.

Insegnamenti propedeutici consigliati: Idraulica, Idrologia.

IMPIANTI BIOCHIMICI **BO, cds: Q**

Docente: **Carlo Gostoli** prof. straord.

L'Insegnamento si propone di integrare le conoscenze di base per l'analisi dei sistemi biologici e di fornire i criteri e le metodologie per la progettazione di impianti industriali che utilizzano entità biologiche. Verranno in particolare considerati gli impianti della microbiologia industriale, non escludendo cenni e settori affini, quali i processi per la trasformazione e la valorizzazione delle materie prime agricole.

Programma

Introduzione: Microorganismi di interesse industriale, selezione e miglioramento genetico, metabolismo ed energetica delle cellule. Cellule animali e vegetali. Esempi di processi di fermentazione (produzione di biomasse, metabolici primari, antibiotici).

Enzimi: cinetica enzimatica, tecniche di immobilizzazione, reattori enzimatici.

Crescita microbica: Cinetiche di crescita, rese di crescita, stechiometria e bilanci di massa. Coltura continua in chemostato. Modelli di crescita strutturati e segregati. Popolazioni miste.

Bioreattori: bioreattori continui, discontinui, fed-batch. Reologia dei mosti di fermentazione, agitazione e aerazione. Criteri di scale-up, strumenti e tecniche di controllo. Reattori airlift, reattori a biomassa immobilizzata. Sterilizzazione dei terreni, degli apparati, dell'aria.

Recupero dei prodotti: Omogeneizzazione chiarificazione dei brodi, estrazione liquido-liquido, precipitazione, separazioni cromatografiche, tecniche di separazione a membrana.

Testi consigliati:

J.E. Bailey, D. Ollis, *Biochemical Engineering Fundamentals*, McGraw Hill, 1986.
A.H. Scragg, *Bioreactors in Biotechnology*, Ellis Horwood, 1991.
K. Schugerl, *Bioreaction Engineering* (2 Vol.), John Wiley, 1991.
R. Rautenbach, R. Albert, *Membrane Process*, John Wiley, 1989.

IMPIANTI BIOCHIMICI AMBIENTALI

BO, cds: Q

Docente: **Massimo Nocentini** prof. ass.

In questo Insegnamento saranno trattati i processi e gli impianti biologici per la bonifica di siti inquinanti (terreno e acque di falda).

Introduzione alla problematica della contaminazione dei suoli. Costituenti principali del suolo. Distribuzione e trasporto degli inquinanti nel terreno (adsorbimento nel terreno, cenni sul trasporto in falda e nell'insaturo, biodisponibilità).

Tecnologie e impianti per la bonifica biologica in-situ e on-site di terreni e acque di falda (attenuazione naturale, bioventing, biosparging, barriere biologiche, land farming, biopile, bioslurry, impianti pump and treat, bioslurping, biofiltrazione).

Studi di biotrattabilità e criteri per la scelta delle tecnologie, studi in impianti pilota, test in campo. Stima dei costi di bonifica. Monitoraggio dei processi di bonifica biologica.

Esame orale

Bibliografia Obbligatoria

Norris, Hinchee, Brown, Mac Carty et al., *Handbook of Bioremediation*, Lewis Publishers, 1994.
Evan K. Nyer, *Practical Tecniques For Groundwater And Soil Remediation*, Lewis publishers, 1997.

IMPIANTI CHIMICI I **BO, cds:Q**

Docente: **Valerio Cozzani**, prof. ass.

Oggetto dell'insegnamento è lo studio di alcune operazioni unitarie ("unit operations") dell'ingegneria chimica finalizzato all'apprendimento di criteri per la scelta e la progettazione delle relative apparecchiature di processo. L'obiettivo principale del corso è di fornire le conoscenze necessarie alla comprensione dei vincoli di funzionamento e dei criteri di dimensionamento di tali apparecchiature.

1) *Dimensionamento di apparecchiature di processo*. Cenni ai documenti progettuali. Specifiche di progetto. Specifiche costruttive. Variabili di progetto e utilizzo dei gradi di libertà nella progettazione. Tipologie di vincoli progettuali. Vincoli esterni. Procedure logiche di dimensionamento e verifica di apparecchiature di processo.

2) *Scambio termico in assenza di cambiamento di fase*. Richiami sulla trasmissione del calore. Descrizione dei principali tipi di scambiatori di calore e criteri di scelta. Standard costruttivi. Dimensionamento di scambiatori di calore liquido/liquido in assenza di cambiamento di fase: scambiatori a doppio tubo, a fascio tubiero, a serpentino o semitubo. Tubi alettati. Refrigeranti ad aria. Cenni su batterie di scambiatori di calore

3) *Scambio termico in presenza di cambiamento di fase*. Richiami sul fenomeno della condensazione e sulla teoria di Nusselt. Descrizione delle principali apparecchiature per la condensazione. Dimensionamento di condensatori di vapori puri. Condensatori di vapori in presenza di incondensabili. Condensatori di vapori misti. Condensatori/sottoraffreddatori e condensatori/desurriscaldatori. Condensatori a ricadere. Richiami sul fenomeno dell'evaporazione. Descrizione dei principali tipi di evaporatori e criteri di scelta. Dimensionamento di evaporatori a singolo stadio e di reboiler di fondo colonna.

4) *Apparecchiature per lo scambio di materia gas/liquido*. Richiami sulle operazioni di scambio di materia. Descrizione dei principali tipi di apparecchiature e criteri di scelta. Colonne a piatti: particolari costruttivi, fluidodinamica dei piatti, definizioni di rendimento dei piatti e loro correlazione. Colonne a riempimento: grado di vuoto e area superficiale, tipologie e caratteristiche dei riempimenti random e strutturati, regimi di funzionamento, perdite di carico. Confronto tra colonne a piatti e colonne a riempimento.

5) *Assorbimento e stripping*. Richiami sulle operazioni di assorbimento e stripping. Descrizione dei principali tipi di apparecchiature e criteri di scelta. Dimensionamento delle colonne di assorbimento a piatti per sistemi a uno o più componenti. Dimensionamento delle colonne di assorbimento a riempimento: metodo delle unità di trasporto. Disposizioni impiantistiche: ripristino continuo o discontinuo della fase liquida, strategie di separazione basate sull'abbinamento di colonne di assorbimento e stripping.

6) *Distillazione*. Richiami sugli equilibri liquido-vapore in sistemi multicomponente. Flash adiabatico. Distillazione differenziale. Rettifica. Distillazione continua. Calcolo del numero di stadi teorici per sistemi binari. Colonne complete, di arricchimento puro, di esaurimento puro. Dimensionamento delle colonne di distillazione a piatti per sistemi binari. Cenni sul calcolo di colonne di distillazione per la separazione di miscele a più componenti: metodo di Lewis-Matthe-son, metodi short-cut. Distillazione discontinua. Calcolo del numero di stadi teorici, dimensionamento e verifica di colonne di distillazione in discontinuo. Cenni sulla distillazione in corrente di vapore, azeotropica ed estrattiva. Disposizioni impiantistiche: strategie di separazione per distillazione convenzionali ed alternative, controllo e regolazione delle colonne di distillazione.

7) *Umidificazione e deumidificazione*. Definizione di umidità in sistemi gas/liquido. Diagrammi psicrometrici. Temperatura di saturazione adiabatica e di bulbo umido. Operazioni ideali e reali di variazione dell'umidità: umidificazione adiabatica, deumidificazione, raffreddamento dell'acqua.

Esame: l'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.

Bibliografia:

D. KERN, *Process heat transfer*, Mc Graw - Hill.
R.E. TREYBAL, *Mass transfer operations*, Mc Graw - Hill.
J.M. COULSON, J.F. RICHARDSON, *Chemical Engineering*, Pergamon Press (vol. 1, 2 e 6).
J.D. SEADER, E.J. HENLEY, *Separation process principles*, J. Wiley.

Per le parti la cui trattazione non è compresa in tali opere, si può far riferimento a schemi, appunti e diagrammi di calcolo depositati presso la Biblioteca della Facoltà.

IMPIANTI CHIMICI II

BO, cds: Q

Docente: **Giovanni Camera Roda** prof. ass.

Oggetto dell'Insegnamento è, da un lato, lo studio di alcune operazioni fondamentali dell'industria chimica, a completamento dell'argomento già in parte trattato nell'insegnamento precedente; dall'altro, lo studio dei fondamenti di teoria del reattore chimico.

Per la prima parte il fine è quello stesso del corso d'Impianti Chimici; nella trattazione dei fondamenti di teoria del reattore chimico lo scopo è quello di acquisire gli strumenti di calcolo e di analisi dei principali tipi di reattore in uso presso l'industria chimica.

Programma

Operazioni aventi alla base il trasferimento di quantità di moto.

Il problema della determinazione delle perdite di carico per il moto di fluidi nelle situazioni tipiche dell'ingegneria chimica. Calcolo del diametro ottimo di un condotto.

Equazioni per il calcolo di linee di trasporto di fluidi newtoniani e non-newtoniani; di fluidi comprimibili; di sistemi eterogenei gas-liquido, solido-liquido, solido-gas.

Metodi per la soluzione di problemi relativi a reti di condotti.

Calcolo delle perdite di carico in riempimenti granulari. Fluidizzazione: generalità e fondamenti di teoria del processo di fluidizzazione.

Sedimentazione: generalità ed elementi di teoria del processo di separazione per sedimentazione. Principali modelli di calcolo di un sedimentatore.

Filtrazione: generalità e tipi d'impianto di filtrazione. Elementi di teoria della filtrazione e calcolo dei parametri principali di progetto e operativi. Impianti di filtrazione continui e discontinui. Tempo ottimo di un'operazione di filtrazione.

Operazioni aventi alla base il trasferimento simultaneo di calore e di materia.

Evaporazione e cristallizzazione. Generalità. Impianti d'evaporazione a singolo e multiplo effetto. L'integrazione dell'evaporatore nell'economia generale di un impianto.

Elementi di cinetica del processo di cristallizzazione. Le apparecchiature per la cristallizzazione.

Essiccamento. Generalità.

Elementi di cinetica del processo d'essiccamento. Calcolo delle apparecchiature di essiccamento.

Umidificazione e deumidificazione. Richiami di teoria, con particolare riferimento al problema del raffreddamento dell'acqua.

Reattori chimici. Generalità. I tipi di reattori usati nell'industria chimica: alcune considerazioni intorno ai criteri fondamentali di scelta.

Richiami fondamentali di cinetica chimica. Espressione della velocità di reazione per sistemi reagenti omogenei ed eterogenei e per sistemi complessi di reazioni chimiche: reazioni catalitiche, reazioni enzimatiche, reazioni a catena con particolare riferimento alle reazioni di polimerizzazione.

Elementi di catalisi eterogenea: adsorbimento fisico e chemi-adsorbimento; processi diffusivi all'esterno e all'interno del catalizzatore.

Fattore di efficienza di un catalizzatore: definizione e calcolo per le geometrie tipiche in condizioni isotermiche e no. Criteri pratici per la determinazione del regime dominante il processo catalitico.

Reazioni gas-liquido: generalità e individuazione dei parametri caratteristici di calcolo di un reattore gas-liquido.

I modelli ideali di un reattore chimico e gli elementi fondamentali di calcolo in condizioni isotermiche e no, in presenza di una reazione singola e di un sistema complesso di reazioni chimiche; resa, selettività e problemi di ottimo. Analisi del funzionamento di un reattore chimico: determinazione dello stato stazionario.

Batterie di reattori chimici: generalità e studio di alcune situazioni tipiche.

Reattori adiabatici a stadi multipli: problemi di ottimo. Considerazioni sugli scostamenti dei reattori chimici dai modelli fluodinamici ideali. Elementi di calcolo di reattori catalitici eterogenei. Modelli di calcolo per reattori a letto fisso e a letto mobile.

Testi consigliati:

G.F. Froment, K.B. Bischoff, *Chemical Reactor Analysis and Design*, John Wiley and Sons, New York, 1979.

O. Levenspiel, *Ingegneria delle reazioni chimiche*, Casa Editrice Amrbosiana, Milano, 1978.

K.G. Denbigh, J.C.R. Turner, *Teoria dei reattori chimici*, Principi Generali, Etas Libri, Milano, 1978.

A. Aris, *Elementary Chemical Reactor Analysis*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1969.

Per i rimanenti argomenti del programma, i testi e i manuali usuali che trattano delle operazioni unitarie dell'industria chimica.

Per alcuni argomenti verrà fatto, di volta in volta, riferimento a trattazioni specifiche reperibili in letteratura.

Esame: scritto e orale.

Svolgimento degli esami: l'esame si compone di una prova scritta e di un colloquio orale; il superamento della prova scritta consente di accedere al colloquio orale.

Propedeuticità consigliate: Fisica tecnica, Chimica fisica, Principi di ingegneria chimica.

IMPIANTI DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE — BO, cds: Q

Docente: **Giovanni Camera Roda** prof. ass.

Introduzione

Metodi per lo studio dei processi dell'industria alimentare. I processi dell'industria alimentare visti come operazioni unitarie e loro peculiarità nell'industria alimentare. Scelta delle alternative impiantistiche in base a considerazioni ingegneristiche, Operazioni continue e discontinue.

Principi elementari

Caratteristiche e proprietà chimico-fisiche degli alimenti e delle materie prime.

Operazioni unitarie e loro applicazione nell'industria alimentare

Separazioni ed operazioni meccaniche
- Filtrazione
- Centrifugazione
- Miscelazione
- Macinazione
- Estrusione.

Separazioni con trasporto di materia e calore
- Lavaggio
- Separazioni a membrana
- Distillazione
- Estrazione
- Assorbimento
- Concentrazione ed essiccamento
- Cristallizzazione
- Congelamento e liofilizzazione.

Reazioni iniportanti nell'industria alimentare
- Fermentazione
- Pastorizzazione
- Sterilizzazione
- Cottura.

Per i vari argomenti vengono illustrati esempi e problemi.

Viene esanimata anche a titolo esemplificativo una certa casistica di impianti nell'industria delle conserve, dei succhi di frutta, dello zucchero, ecc.

IMPIANTI DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA LS — BO, cds: E

Docente: **Alberto Borghetti** prof. ass.

Obiettivi

Il corso si propone di approfondire temi dei corsi di Impianti elettrici e Sistemi elettrici per l'energia strettamente connessi con la gestione ed il progetto delle centrali elettriche.

In particolare, il corso si propone di fornire le conoscenze di base per:

- la regolazione e l'esercizio degli impianti di produzione, con riferimento al funzionamento dell'intero sistema elettrico e del mercato dell'energia elettrica;

- la progettazione dei diversi tipi di impianti di produzione connessi alla rete di trasmissione in alta tensione, limitatamente alla parte elettrica.

Programma

Lezioni

1. Elementi impiantistici degli diversi tipi di centrali elettriche connesse alla rete di trasmissione nazionale.

2. Dispacciamento delle potenze generate: dispacciamento ad eguali costi incrementali ed ad eguali costi incrementali corretti. Definizione del parco di unità di produzione in servizio per la copertura del diagramma di carico. Il mercato concorrenziale dell'energia elettrica. Gli operatori del mercato. L'articolazione del mercato elettrico: mercati dell'energia e mercati dei servizi ausiliari di sistema.

3. Prestazioni minime richieste agli impianti di produzione per la connessione alla rete di trasmissione nazionale. Separazione funzionale dell'attività di trasmissione dalle attività dell'impianto di produzione. Criteri generali per la connessione e determinazione dei livelli di tensione d'inserimento. Schemi di inserimento: connessione su stazioni esistenti (inserimento in antenna, inserimento in stazione adiacente, inserimento in doppia antenna) e su linee esistenti (inserimento rigido in derivazione, inserimento in entra-esce). Piano di riaccensione del sistema elettrico dopo un black-out.

4. Schemi e dimensionamento degli impianti elettrici che alimentano i servizi ausiliari degli impianti di produzione dell'energia elettrica. Criteri di scelta dello stato del neutro. Sequenza delle manovre per la loro alimentazione in fase di avviamento e arresto. Alimentazione in corrente continua dei servizi di emergenza. Tipi di accumulatori e loro caratteristiche esterne. Protezioni dei circuiti elettrici principali e dei circuiti elettrici secondari. Protezioni degli alternatori. Protezione dei trasformatori e dei motori dei servizi ausiliari della centrale.

5. Modelli dinamici e regolazioni degli impianti di produzione. Generalità sugli alternatori. Modelli matematici dinamici per la simulazione dei transitori. Regolazione della tensione e della potenza reattiva. Schemi dei sistemi di eccitazione degli alternatori e loro caratteristiche. Centrali idroelettriche. Determinazioni della funzione di trasferimento della potenza meccanica in funzione dell'apertura del distributore. Regolatore di velocità di un gruppo idroelettrico. Centrali termoelettriche a vapore. Interazioni fra generatore di vapore e turbina e coordinamento delle relative regolazioni di pressione e velocità. Cenni sulla regolazione del livello nel corpo cilindrico. Cenni su alcuni aspetti specifici della regolazione di velocità e della potenza attiva nelle centrali nucleari. Modello dinamico di un gruppo turbogas e relativo regolatore di velocità. Codici ingegneristici di simulazione del funzionamento dinamico delle centrali e cenni ai metodi di risoluzione numerica impiegati.

Esercitazioni

Il corso comprende esercitazioni in aula ed al calcolatore ed è completato da visite ad impianti di produzione di cui viene in precedenza illustrato il funzionamento e lo schema elettrico.

L'esame consiste in una prova orale.

Testi consigliati

Le dispense sono a disposizione degli studenti del corso nel sito http://www.ing.unibo.it/nucci/ e contengono i riferimenti per l'approfondimento dei singoli argomenti. Si indica qui una lista di alcuni testi di carattere generale.

G. Evangelisti, "La regolazione delle turbine idrauliche", Zanichelli, Bologna, 1947.
D. Zanobetti, "Centrali e generatori elettrici", Patron, Bologna, 1952.
C. Genesio, E. Volta, "Produzione dell'energia elettrica", Patron, Bologna, 1954.
M. Mainardis, "Centrali elettriche", Hoepli, Milano, 1957.

G. QUAZZA, "Controllo dei processi", Clup, Milano, 1973.
R. ROVA, "Centrali elettriche", Cleup, Padova, 1978.
C. ZANCHI, "Centrali elettriche" Masson, Milano, 1979.
F. GAGLIARDI, VALERIO MANGONI, "Produzione della energia elettrica", L'ateneo, Napoli, 1984.
G. EVANGELISTI, "Impianti idroelettrici", Pàtron, Bologna, 1986.
C. MAFFEZZONI, "Controllo dei generatori di vapore" e "Dinamica dei generatori di vapore", Masson, Milano, 1990.
BRITISH ELECTRICITY INTERNATIONAL, "Modern Power Station Practice", Pergamon Press, 1993.
A.J. WOOD, B. WOLLEMBERG, "Power generation, operation, and control", John Wiley & Sons, 1996.
G. CORBELLINI, "Impianti elettrici - parte 3: Centrali elettriche di produzione e regolazioni primarie di rete", La goliardica pavese, Pavia, 1998.

IMPIANTI ELETTRICI **BO, cds: G, E**

Docente: **Gianni Pattini** prof. ass.

L'insegnamento si propone di fornire le basi teoriche ed applicative necessarie per la progettazione di impianti elettrici di media e bassa tensione. Si propone altresì di affrontare le problematiche connesse alla sicurezza degli impianti elettrici.

Programma.

1. I componenti degli impianti
- Fenomeni termici associati al passaggio della corrente elettrica
- Integrale di Joule (energia specifica);
- Linee elettriche di distribuzione
- Cavi per media e bassa tensione
- Le condutture elettriche
- Transitorio di instaurazione di un c.to c.to
- Portata dei cavi e loro comportamento in c.to c.to
- Cenni sui fenomeni associati all'arco elettrico
- Transitorio di interruzione con arco lungo, camera di interruzione
- Transitori di interruzione con arco corto
- Apparecchi di manovra e protezione
- Interruttori e apparecchi di manovra per bassa e media tensione;
- Contattori
- Fusibili e relè
- Il trasformatore come sorgente dell'impianto elettrico

2. Problemi di sicurezza negli impianti
- Effetti fisiologici della corrente, curve di sicurezza
- Il terreno come conduttore elettrico
- Involucri, contatti diretti e indiretti
- Stato del neutro negli impianti di media e bassa tensione
- Sistemi di distribuzione in bassa tensione (TT, TN, IT)
- Protezione dai contatti indiretti in b.t. nei sistemi TT, TN e IT
- Protezione dai contatti indiretti senza interruzione o con bassissima tensione
- Protezione dai contatti indiretti in MT e AT

3. Dimensionamento degli impianti
- Topologia degli impianti
- Quadri elettrici di bassa tensione
- Quadri elettrici di media tensione
- Dimensionamento delle linee in cavo, delle relative protezioni e coordinamento protezione-linea
- Selettività nell'intervento delle protezioni
- Cabine di trasformazione di utente, prescrizioni dell'ENEL, schemi tipici di impianto, scelta delle apparecchiature
- Impianti di rifasamento

4. Esempi numerici di dimensionamento degli impianti
- Esercizio sul dimensionamento di impianti di bt
- Cabine di utente: esercizio applicativo di dimensionamento di un impianto in media tensione con più cabine
- Esempio di progettazione assistita da calcolatore

5. La rete pubblica di distribuzione
- Linee di subtrasmissione e di media tensione
- Cabine di pubblica distribuzione

6. Cenni sui seguenti argomenti
- Richiami di illuminotecnica, cenni sul dimensionamento di impianti di illuminazione per interni
- Cenni sulle problematiche relative ad impianti alimentati da cogeneratori o da gruppi elettrogeni;
- Cenni sulle problematiche relative ad impianti alimentati da gruppi di continuità
- Richiami alle normative per impianti elettrici in ambienti particolari

Modalità di esame

L'esame verrà sostenuto contestualmente all'insegnamento di Elementi di sistemi elettrici L.

L'esame comprenderà una prova scritta, che si terrà il giorno della prova orale, e che consisterà nella soluzione di un esercizio dello stesso tipo di quelli fatti a lezione.

Gli appelli di esame avranno una cadenza mediamente bisettimanale nei periodi di esame ammessi dalla Facoltà.

Testi consigliati

A. Paolucci, *Lezioni di Impianti Elettrici*, CLEUP, 1995.
V. Carrescia, *Fondamenti di sicurezza* Elettrica, TNE, 1997.
Autori Vari: Guide su "Impianti a Norme CEI", TNE.
Norme CEI in genere ed in particolare: 0-2, 64-8, 11-1, 11-35, 11-38, 17-13, 17-6.
R. Marin, M. Valtorta, *Trasmissione ed interconnessione*, CEDAM 1973.
D. Zanobetti, M. Pezzi, *Lezioni di Impianti Elettrici*, CLEUB, 1981.
F. Iliceto, *Impianti elettrici*, PATRON, 1981.
R. Marconato, *Sistemi elettrici di potenza*, CLUP, Milano 1985.
A. Paolucci, *Lezioni di trasmissione dell'energia elettrica*, CLEUP, Padova 1990.

Vengono inoltre forniti appunti dai docenti.

IMPIANTI INDUSTRIALI **BO, cds: M**
Docente: **Mauro Gamberi** ric.

Finalità del corso

Il corso si propone di fornire i criteri generali, ed i corrispondenti metodi matematici per le relative decisioni impiantistiche, che presiedono alla scelta, alla progettazione e alla realizzazione degli impianti industriali.

Programma del corso

1 – Criteri generali di scelta degli impianti industriali
Studio di fattibilità e di mercato. Scelta del prodotto e del ciclo produttivo. Definizione qualitativa del diagramma di lavorazione. Valutazione dei costi preventivi di realizzazione e di esercizio. Scelta della potenzialità produttiva, sulla base del confronto costi/prezzi. Valutazione economica della iniziativa.

2 – Progettazione e realizzazione degli impianti industriali
Scelta della ubicazione. Studio della disposizione planimetrica dell'impianto. Definizione del ciclo di lavoro: diagrammi tecnologici quantitativi e diagrammi di flusso dei materiali. Analisi dei rapporti fra le attività di servizio e relativo diagramma. Produzione in linea o per reparti. Group technology. Scelta delle macchine, attrezzature ed apparecchiature di produzione. Definizione delle esigenze di spazio e confronto con le disponibilità. Stesura ed analisi del diagramma delle relazioni fra gli spazi. Considerazioni di modifica e limitazioni pratiche. Formulazione delle alternative di lay-out, anche con l'ausilio di programmi di calcolo, e criteri di scelta del lay-out ottimale. Stesura del progetto esecutivo. Tempi e metodi di realizzazione dell'impianto con applicazione di tecniche reticolari. Sviluppo e controllo delle varie fasi di realizzazione.

3 – Linee di tendenza dell'automazione nei sistemi produttivi
Sistemi flessibili di fabbricazione (FMS) e di montaggio (FAS). Stazioni di controllo automatico. Sistemi automatici di trasporto interno (con carrelli AGV) e di immagazzinamento (con trasloelevatori). La fabbrica come sistema integrato di produzione (CIM).

Esame: scritto e orale

Testo consigliato:

A. PARESCHI, *Impianti industriali*, Collana Progetto Leonardo, Ed. Esculapio, Bologna, 1994.

Testi di utile consultazione:

F. TURCO, *Principi generali di progettazione degli impianti industriali*, C.L.U.P., Milano, 1990.
R.L. FRANCIS, J.A. WHITE, *Facility lay-out and location: an analytical approach*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1974.
A. BRANDOLESE, *Studio del mercato e del prodotto*, C.L.U.P., Milano, 1977.
D. DEL MAR, *Operations and industrial management*, McGraw-Hill, 1985.
A. BRANDOLESE, M. GARETTI, *Processi produttivi. Criteri tecnici di scelta e progettazione*, C.L.U.P., Milano, 1982.
R.J. TERSINE, *Production/operations management*, North Holland, New York, 1985.
A. MONTE, *Elementi di Impianti Industriali*, Ed. Cortina, Torino, 1982, 1-2.

IMPIANTI INDUSTRIALI LA **BO, cds: G**

Docente: **Arrigo Pareschi** prof. ord.

Finalità del corso

Il corso, unitamente al successivo insegnamento di Impianti Industriali L-B, si propone di fornire i criteri generali, ed i corrispondenti metodi matematici per le relative decisioni impiantistiche, che presiedono alla scelta, alla progettazione e alla realizzazione degli impianti industriali.

In particolare vengono sviluppate le tematiche dello studio di fattibilità, nei suoi fondamentali passi di studio del mercato e del prodotto, di scelta del processo e dei servizi, di scelta della potenzialità produttiva ottimale e di valutazione economica dell'iniziativa.

Sono inoltre oggetto del corso le metodologie di scelta della ubicazione ottimale di un impianto industriale.

Programma del corso

GENERALITÀ SUGLI IMPIANTI INDUSTRIALI
Definizioni fondamentali relative agli impianti industriali
Classificazione degli impianti di produzione
Gli impianti di servizio

STUDIO DI FATTIBILITÀ
Principali modelli per la previsione della domanda di mercato
Individuazione del volume delle vendite aziendali
Lo studio del prodotto
Scelta del ciclo produttivo e definizione del diagramma di lavorazione
Definizione dei servizi necessari alla produzione
Scelta della potenzialità produttiva ottimale
Valutazione economica della redditività degli investimenti industriali

LA SCELTA DELL'UBICAZIONE DI UN IMPIANTO INDUSTRIALE
I principali fattori ubicazionali
Metodi qualitativi per la determinazione della ubicazione ottimale; analisi dei fattori e metodo del punteggio, metodo dei costi.
Metodi quantitativi per la determinazione della ubicazione ottimale; metodo del minimo costo dei trasporti esterni.
La scelta dell'ubicazione di dettaglio.

Esame: prova scritta e orale

Testo consigliato:

A. Pareschi, *Impianti industriali*, Collana Progetto Leonardo, Ed. Esculapio, Bologna, 1994.

Testi di utile consultazione:

F. Turco, *Principi generali di progettazione degli impianti industriali*, C.L.U.P., Milano, 1990.
S. Heragu, "Facilities Design", Ed. PWS, Boston, 1997.
R.L. Francis, J.A. White, *Facility lay-out and location: an analytical approach*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1974.
A. Brandolese, *Studio del mercato e del prodotto*, C.L.U.P., Milano, 1977.

D. DEL MAR, *Operations and industrial management*, McGraw-Hill, 1985.
A. BRANDOLESE, M. GARETTI, *Processi produttivi. Criteri tecnici di scelta e progettazione*, C.L.U.P., Milano, 1982
R.J. TERSINE, *Production/operations management*, North Holland, New York, 1985.
A. MONTE, *Elementi di Impianti Industriali*, voll. 1-2, Ed. Cortina, Torino, III ediz., 1997.

IMPIANTI INDUSTRIALI LA **BO, cds: P**
Docente: **Emilio Ferrari** prof. straord.

Finalità del corso

Il corso si propone di fornire i criteri generali, ed i corrispondenti metodi matematici per le relative decisioni impiantistiche, che presiedono alla scelta, alla progettazione e alla realizzazione degli impianti industriali.

Programma del corso

1 - Criteri generali di scelta degli impianti industriali

Studio di fattibilità e di mercato. Scelta del prodotto e del ciclo produttivo. Definizione qualitativa del diagramma di lavorazione. Valutazione dei costi preventivi di realizzazione e di esercizio. Scelta della potenzialità produttiva, sulla base del confronto costi/prezzi. Valutazione economica della iniziativa.

2 - Progettazione e realizzazione degli impianti industriali

Scelta della ubicazione. Studio della disposizione planimetrica dell'impianto. Definizione del ciclo di lavoro: diagrammi tecnologici quantitativi e diagrammi di flusso dei materiali. Analisi dei rapporti fra le attività di servizio e relativo diagramma. Produzione in linea o per reparti. Group technology. Scelta delle macchine, attrezzature ed apparecchiature di produzione. Definizione delle esigenze di spazio e confronto con le disponibilità. Stesura ed analisi del diagramma delle relazioni fra gli spazi. Considerazioni di modifica e limitazioni pratiche. Formulazione delle alternative di lay-out, anche con l'ausilio di programmi di calcolo, e criteri di scelta del lay-out ottimale. Stesura del progetto esecutivo. Tempi e metodi di realizzazione dell'impianto con applicazione di tecniche reticolari. Sviluppo e controllo delle varie fasi di realizzazione.

3 - Cenni alle linee di tendenza dell'automazione nei sistemi produttivi

Sistemi flessibili di fabbricazione (FMS) e di montaggio (FAS). Stazioni di controllo automatico. Sistemi automatici di trasporto interno (con carrelli AGV) e di immagazzinamento (con trasloelevatori). La fabbrica come sistema integrato di produzione (CIM).

Esame: scritto e orale

Testo consigliato:

A. PARESCHI, *Impianti industriali*, Collana Progetto Leonardo, Ed. Esculapio, Bologna, 1994.

Testi di utile consultazione:

F. TURCO, *Principi generali di progettazione degli impianti industriali*, C.L.U.P., Milano, 1990.

S. HERAGU, "Facilities Design", Ed. PWS, Boston, 1997.
R.L. FRANCIS, J.A. WHITE, *Facility lay-out and location: an analytical approach*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1974.
A. BRANDOLESE, *Studio del mercato e del prodotto*, C.L.U.P., Milano, 1977.
D. DEL MAR, *Operations and industrial management*, McGraw-Hill, 1985.
A. BRANDOLESE, M. GARETTI, *Processi produttivi. Criteri tecnici di scelta e progettazione*, C.L.U.P., Milano, 1982.
R.J. TERSINE, *Production/operations management*, North Holland, New York, 1985.
A. MONTE, *Elementi di Impianti Industriali*, Ed. Cortina, Torino, 1982, 1-2.

IMPIANTI INDUSTRIALI LB **BO, cds: G**
Docente: **Riccardo Manzini** ric.

Finalità del corso

Il corso presenta le principali tecniche e i modelli fondamentali per la determinazione del numero e della disposizione planimetrica (layout) delle macchine e attrezzature presenti in un impianto industriale.

In particolare vengono approfondite le tematiche relative allo studio del flusso dei materiali e dei rapporti fra le attività di servizio presenti in un sistema produttivo e le tecniche per il calcolo del fabbisogno di spazio. Vengono inoltre trattati alcuni metodi per la determinazione del numero di risorse necessarie per raggiungere i livelli produttivi prestabiliti.

Infine sono oggetto del corso le tecniche manuali ed automatiche (gestite al calcolatore) per la determinazione del layout del sistema di produzione.

Programma del corso

STUDIO DEL FLUSSO DEI MATERIALI E DELLE ATTIVITÀ OPERATIVE
Analisi del prodotto e delle quantità
Documenti per la descrizione del flusso dei materiali al variare delle quantità prodotte
Studio delle attività di servizio e relativi documenti

DETERMINAZIONE DELLO SPAZIO RICHIESTO
Metodi empirici per la determinazione dello spazio richiesto per un'attività produttiva
Il metodo dei calcoli diretti
Calcolo del numero di macchine per attività di fabbricazione in linea e per reparto
Calcolo del numero di operatori per attività di assemblaggio in linea e per reparto
Bilanciamento di celle di lavoro robotizzate
Determinazione del diagramma dei rapporti fra gli spazi

PROGETTAZIONE DEL LAYOUT
Fondamentali tecniche manuali per la determinazione della disposizione planimetrica
Principali pacchetti software per la progettazione del layout
Tecniche reticolari per il controllo del progetto

Esame: scritto e orale

Testo consigliato:

A. PARESCHI, *Impianti industriali*, Collana Progetto Leonardo, Ed. Esculapio, Bologna, 1994.

Testi di utile consultazione:

F. TURCO, *Principi generali di progettazione degli impianti industriali*, C.L.U.P., Milano, 1990.
S. HERAGU, *Facilities Design*, Ed. PWS, Boston, 1997.
R.L. FRANCIS, J.A. WHITE, *Facility lay-out and location: an analytical approach*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1974.
A. BRANDOLESE, *Studio del mercato e del prodotto*, C.L.U.P., Milano, 1977.
D. DEL MAR, *Operations and industrial management*, McGraw-Hill, 1985.
A. BRANDOLESE, M. GARETTI, *Processi produttivi. Criteri tecnici di scelta e progettazione*, C.L.U.P., Milano, 1982.
R.J. TERSINE, *Production/operations management*, North Holland, New York, 1985.
A. MONTE, *Elementi di Impianti Industriali*, Ed. Cortina, Torino, 1982, 1-2.

IMPIANTI MECCANICI **BO, cds: M**

Docente: **Arrigo Pareschi** prof. ord.

Finalità del Corso

L'insegnamento si propone di fornire i criteri generali e i corrispondenti metodi matematici per la progettazione tecnica ed economica degli impianti meccanici, intesi come sistemi ausiliari strettamente inseriti nei sistemi di produzione e finalizzati a rendere disponibili i servizi necessari al corretto sviluppo dei processi produttivi. Di tali impianti elementari e ricorrenti, presenti nei sistemi di produzione sia industriali sia del terziario, vengono trattati principi teorici, schemi generali di funzionamento, adozione dei componenti, metodi di progettazione ed ottimizzazione tecnico-economica, norme e regolamenti.

Programma del Corso

1. GENERALITÀ SUGLI IMPIANTI MECCANICI E LORO RUOLO NELL'IMPIANTISTICA INDUSTRIALE E NEL TERZIARIO. CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI MECCANICI.

2. CONSIDERAZIONI GENERALI SUI CRITERI DI OTTIMIZZAZIONE TECNICO-ECONOMICA NELLA PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI MECCANICI

Grandezze fisiche e numero di variabili del problema progettuale. Relazioni tecniche fra le grandezze in giuoco. Criteri e relazioni economiche, costo totale di produzione del bene industriale o di servizio, ammortamento delle attrezzature e degli impianti. Richiami di matematica finanziaria: il concetto di flusso di cassa e i metodi NPV, TIR, Pay-back.

Progettazione ottimizzata avente per obiettivo il minimo costo totale di produzione; esempi: numero ottimale di spillamenti in una centrale termoelettrica, diametro ottimale di una condotta per il trasporto di fluidi, spessore economico dell'isolante di una tubazione, numero delle unità di riserva.

3.CRITERI DI PROGETTAZIONE E GESTIONE OPERATIVA DEGLI IMPIANTI MECCANICI

Criteri di progettazione e gestione degli impianti di cogenerazione per la produzione combinata di energia elettrica e termica ad uso industriale. Impianti a vapore a contropressione o a re-

cupero totale: determinazione della pressione ottimale di caldaia. Impianti a vapore ad estrazione o in derivazione: schemi di funzionamento e criteri di scelta e dimensionamento dei principali parametri operativi.

Impianti per la produzione e distribuzione dell'energia termica. Criteri di progettazione e gestione degli impianti per la produzione e distribuzione del vapore ad uso tecnologico. Ottimizzazione tecnico-economica delle variabili operative (pressione di caldaia, numero di caldaie, spessore isolante, etc....). Dimensionamento della rete aperta di distribuzione del vapore compresi gli accessori di linea. Rete delle condense e problematiche del flusso bifase liquido-vapore.

Impianti di concentrazione ad effetti multipli come utilizzatori di vapore tecnologico. Dimensionamento ottimale di un impianto di concentrazione a due effetti. Generalità sugli impianti a pompa di calore. Dimensionamento ottimale di un impianto di concentrazione a termocompressione: scelta della pressione di mandata del compressore.

Impianti termici ad acqua calda: schemi di funzionamento, metodi di pressurizzazione, criteri di dimensionamento. Impianti termici ad aria calda: schemi di funzionamento e criteri di dimensionamento.

Impianti per l'approvvigionamento idrico senza o con serbatoio di accumulo. Criteri di ottimizzazione tecnico-economica delle reti aperte ramificate e chiuse. Scelta della capacità ottimale e della posizione del serbatoio di compenso. Schemi di funzionamento e criteri di progettazione degli impianti antincendio.

Impianti di essiccamento: classificazione dei vari tipi essiccatoi e dimensionamento di un essiccatoio a tunnel ad aria calda.

Impianti di condizionamento dell'aria: trattamenti dell'aria umida, dimensionamento dell'impianto di condizionamento estivo e invernale.

Generalità sugli impianti frigoriferi: calcolo del carico termico, isolamento e protezione delle condotte dallo stillicidio, barriera al vapore, fluidi frigoriferi. Impianti frigoriferi monostadio (ad espansione secca e con separatore) e a due stadi di compressione. Dimensionamento del condensatore ad aria e ad acqua.

Impianti per la produzione e distribuzione dell'aria compressa: schema e dimensionamento.

Impianti per il servizio combustibili: solidi, liquidi, gassosi.

Impianti per il trasporto di sospensioni solido-liquido. Applicazione agli impianti di trasporto di carbone in polvere in sospensione d'acqua: schemi d'impianto e criteri di dimensionamento.

Impianti di material handling per il trasporto di materiali solidi granulari in sospensione fluida. Impianti di trasporto pneumatico di sospensioni bifase gas-solido: impianti aspirati, compressi, misti. Schemi d'impianto e criteri di progettazione. Cenni al trasporto multifase di miscele gas-liquido di idrocarburi.

Impianti di aspirazione di polveri e vapori. Impianti di filtrazione di polveri da correnti fluide.

Esame: scritto e orale

Testi consigliati

Dispense redatte dal Docente e dai Collaboratori.

S. Fabbri, *Impianti Meccanici*, Vol. I, Ed. Patron, Bologna, 1985.

G. Coli, *Impianti per il benessere e la sicurezza negli ambienti di lavoro*, PEG, Milano, 1990.

M. Gentilini, *Impianti Meccanici*, Pitagora Editrice, Bologna, 1991.

A. Monte, *Elementi di Impianti industriali*, Ed. Libreria Cortina, Torino, 1997, Voll. 1-2.

O. Pierfederici, *Impianti Meccanici*, Pitagora Editrice, Bologna, 1990.

A. Pareschi, *Impianti Industriali*, Ed. Esculapio, Bologna, 1994.

IMPIANTI MECCANICI L **BO, cds: M**
Docente: **Arrigo Pareschi** prof. ord.

Finalità del Corso

L'insegnamento si propone di fornire i criteri generali e i corrispondenti metodi matematici per la progettazione tecnica ed economica degli impianti meccanici, intesi come sistemi ausiliari strettamente inseriti nei sistemi di produzione e finalizzati a rendere disponibili i servizi necessari al corretto sviluppo dei processi produttivi. Di tali impianti elementari e ricorrenti, presenti nei sistemi di produzione sia industriali sia del terziario, vengono trattati principi teorici, schemi generali di funzionamento, adozione dei componenti, metodi di progettazione ed ottimizzazione tecnico-economica, norme e regolamenti.

Programma del Corso

Classificazione degli impianti meccanici e loro ruolo nell'impiantistica industriale e nel terziario.

Criteri di ottimizzazione tecnico-economica nella progettazione degli impianti meccanici con obiettivo il minimo costo totale di produzione; esempi.

Criteri di progettazione e gestione degli impianti di cogenerazione per la produzione combinata di energia elettrica e termica ad uso industriale. Impianti a vapore a recupero totale e impianti a vapore ad estrazione: schemi di funzionamento e criteri di scelta dei principali parametri operativi.

Impianti per la produzione e distribuzione dell'energia termica tramite vapore ad uso tecnologico. Ottimizzazione tecnico-economica delle variabili operative e dimensionamento della rete aperta di distribuzione del vapore. Rete delle condense.

Impianti di concentrazione ad effetti multipli. Dimensionamento ottimale di un impianto di concentrazione a due effetti. Dimensionamento ottimale di un impianto di concentrazione a termocompressione.

Impianti termici ad acqua calda: schemi di funzionamento, metodi di pressurizzazione, criteri di dimensionamento. Generalità sugli impianti termici ad aria calda; dimensionamento di un essiccatoio a tunnel ad aria calda.

Impianti per l'approvvigionamento idrico senza o con serbatoio di accumulo. Criteri di ottimizzazione tecnico-economica delle reti aperte ramificate e chiuse.

Schemi di funzionamento e criteri di progettazione degli impianti antincendio.

Impianti di condizionamento dell'aria: trattamenti dell'aria umida, dimensionamento dell'impianto di condizionamento estivo e invernale.

Generalità sugli impianti frigoriferi: calcolo del carico termico, isolamento e protezione delle condotte dallo stillicidio, barriera al vapore, fluidi frigoriferi. Impianti frigoriferi monostadio (ad espansione secca e con separatore) e a due stadi di compressione.

Impianti per la produzione e distribuzione dell'aria compressa: schema e dimensionamento.

Impianti per il servizio combustibili: solidi, liquidi, gassosi.

Impianti per il trasporto pneumatico di materiali solidi granulari in sospensione fluida.

Impianti di aspirazione di polveri e vapori.

Esame: prova scritta e orale

Testi consigliati

Dispense redatte dal Docente e dai Collaboratori.

G. Coli, "Impianti per il benessere e la sicurezza negli ambienti di lavoro", PEG, Milano, 1990.

S. FABBRI, "Impianti Meccanici", Vol. I, Ed. Patron, Bologna, 1985.
M. GENTILINI, "Impianti Meccanici", Pitagora Editrice, Bologna, 1991.
A. MONTE, "Elementi di Impianti industriali", Ed. Libreria Cortina, Torino, 1997, Voll. 1-2.
A. PARESCHI, "Impianti Industriali", Ed. Esculapio, Bologna, 1994.
O. PIERFEDERICI, "Impianti Meccanici", Pitagora Editrice, Bologna, 1990.

IMPIANTI MINERARI **BO, cds: R**

Docente: **Sante Fabbri** prof. straord.

Finalità dell'insegnamento

Illustrare criticamente la scelta delle macchine e degli impianti, nelle miniere, nelle cave e nelle oper di sbancamento, in base a criteri tecnico-economici, fornendo i principali elementi di calcolo. Inoltre l'insegnamento prende in esame i servizi e la sicurezza degli impianti e delle macchine.

Trasporto.

Criteri generali e fattori che determinano l'organizzazione, la scelta delle macchine e degli impianti. Trasporto continuo: trasportatori a nastri, a raschietti ed in condotta. Caratteristiche costruttive, criteri di calcolo e modalità d'impiego. Trasporto discontinuo in sotterraneo: locomotori, vagoni ed altri mezzi di movimentazione. Coltivazioni a cielo aperto: macchine per l'abbattimento di materiali sciolti o poco cementati; escavatori a benna ed a tazze; pale gommate e cingolate; ruspe; scraper; ripper. Trasporto dell'abbattuto, movimentazione di terra ed organizzazione del cantiere; dumper; autocarri, ecc. Scelta della flotta ottimale dei mezzi di carico e trasporto. Estrazione: macchine d'estrazione, gabbie e skips; organizzazione delle stazioni. Criteri tecnico-economici per la scelta del trasporto ottimale.

Servizi.

L'aria compressa: centrale di compressione. Calcolo del consumo d'aria e della rete di distribuzione. Energia elettrica: problemi di sicurezza. Tipi di rete e loro messa a terra. Apparecchiature antigrisutose. Cavi elettrici di miniera. Trasformatori e motori elettrici. Eduzione delle acque; difesa attiva e passiva dalle acque; I mezzi di eduzione, impianti principali e secondari. Ventilazione: impianti e ventilatori per una miniera od una galleria. Criteri tecnico-economici per la scelta dei servizi.

Sicurezza

Norme per la prevenzione degli infortuni ed igiene sul lavoro nei cantieri, nello scavo di gallerie e nelle coltivazioni minerarie. Norme italiane ed europee che regolano la sicurezza delle macchine di scavo, di sollevamento e di trasporto. Organizzazione del cantiere e le figure professionali dedite alla sicurezza, sia nell'impresa, sia di controllo.

Le esercitazioni forniscono i principali elementi di calcolo e di dimensionamento degli impianti illustrati nell'Insegnamento.

Testi consigliati:

S.C. WALKER, *Mine Winding and Transport*, Elsevier.
AUTORI VARI, *Articoli tecnici e scientifici forniti dal Docente.*

Dispense redatte dal docente.

Tesi di laurea: prevalentemente a carattere applicativo.

IMPIANTI NUCLEARI **BO, cds: N**

Docente: **Enrico Sobrero** prof. ass.

Lo scopo dell'Insegnamento è di fornire una preparazione nel settore degli impianti termonucleari di potenzia per quanto concerne sia i principi di base sia le diverse soluzioni affermate o in fase avanzata di sviluppo. Particolare attenzione è dedicata al confronto critico delle diverse soluzioni impiantistiche e ad aspetti fondamentali quali quelli della ubicazione, della sicurezza e del costo dell'energia.

La prima parte dell'Insegnamento è dedicata allo studio dei principali problemi termici, termoidraulici e termomeccanici dei componenti con particolare riferimento ai reattori di tipo provato ed a quelli in fase pre-industriale. La seconda parte è rivolta allo studio dell'impianto nel suo complesso e cioè allo studio dei cicli termodinamici, alla ottimizzazione dei principali parametri, alla scelta dei principali componenti, tenendo conto sia degli aspetti di base che delle esigenze di natura economica e tecnologica. Lo studio particolareggiato, il dimensionamento e la progettazione di alcuni componenti fondamentali e tipici di impianti nucleari è oggetto di una terza parte dell'insegnamento. La parte finale è normalmente dedicata allo studio di elementi di impiantistica generale e ad argomenti strettamente connessi agli impianti nucleari quali l'arricchimento ed il ritrattamento dei combustibili nucleari, lo smaltimento e/o lo stoccaggio dei rifiuti radioattivi, il decomissioning.

Esercitazioni

Vengono svolte come parte integrante dell'Insegnamento e riguardano applicazioni e sviluppi degli argomenti trattati.

Propedeuticità consigliate: Fisica tecnica, Scienza delle costruzioni, Fisica del reattore, Macchine.

Tesi di Laurea: di carattere progettuale o di ricerca applicata, su temi stabiliti di anno in anno.

Dispense dell'Insegnamento ed aggiornamenti bibliografici sono disponibili di anno in anno.

Testi Consigliati (in relazione alla disponibilità in biblioteca e per consultazione)

GLASSTONE, *Principles Of Nuclear Reactor Engineering.*
POULTER, *The Design Of Gas-cooled Graphite Moderated Reactors.*
M.M. EL-WAKIL, *Nuclear Power Engineering*, McGraw-Hill.
M.M. EL-WAKIL, *Nuclear Energy Conversion.*
M. CUMO, *Impianti nucleari*, UTET.
C. LOMBARDI, *Impianti nucleari*, CLUP.
E.S. PEDERSEN, *Nuclear Power*, Vol. 1 e 2, Ann Arbor Science.
G. KESSLER, *Nuclear Fission Reactors*, Springer-Verlag.
R.E. WEBB, *The Accident Hazards Of Nuclear Power Plants*, MIT.

IMPIANTI SPECIALI **BO, cds: M**
Docente: **Marco Gentilini** prof. ass.

Vengono trattati i fondamenti generali di energetica e i principi di funzionamento e gli schemi di realizzazione degli impianti non convenzionali, (nucleari a fissione e a fusione), e da fonti rinnovabili, (solare, idraulico, eolico, biomasse, geotermico), per la produzione di energia e i sistemi avanzati di conversione energetica, (celle a combustibile, fotovoltaica, magnetofluidodinamica, termoelettrica diretta, termoelettronica).

Vengono forniti i criteri generali di analisi degli investimenti e dei profitti per l'ottimizzazione dei sistemi impiantistici e i criteri di economia energetica degli impianti di produzione e conversione energetica.

Si esaminano i criteri tecnici ed economici degli interventi per il risparmio e il recupero energetico e l'impiego di rifiuti e inquinanti per la produzione di combustibili pregiati.

Testi consigliati:

Dispense redatte dal docente.

Esami: L'esame consta di una prova orale.

IMPIANTI SPECIALI IDRAULICI **BO, cds: C**
Docente: **Alberto Bizzarri** prof. ass.

Le opere d'invaso e derivazione per usi multipli: idropotabile, irriguo, industriale, laminazione piene. Richiami di Idrologia superficiale con particolare riguardo alle derivazioni d'acqua con e senza regolazione dei deflussi. L opere di sbarramento; traverse fisse e mobili; paratoie, calcoli statici ed idraulici; sbarramenti murari a gravità e ad arco e sbarramenti in materiali sciolti: tipi, criteri di progetto e norme costruttive, calcoli di stabilità, opere di fondazione; manufatti di scarico, sfioro e presa.

Manufatti di derivazione da laghi e corsi d'acqua: sghiaiatori e dissabbiatori. Opere di trasporto dell'acqua: canali e gallerie; tipi, tracciato, dimensionamento, costruzione, manufatti speciali (sifoni, ponti), paratoie.

Problematiche economiche ed ambientali connessi alla realizzazione di grandi opere di derivazione d'acqua.

Impianti idroelettrici: definizioni, classificazione, ruolo nella produzione di energia elettrica. Pozzi piezometrici e vasche di carico, loro oscillazioni. Condotte forzate: tipi, dimensionamento, calcoli idraulici e statici, manufatti e pezzi speciali (valvolame, diramazioni, blocchi d'ancoraggio). Centrali idroelettriche: tipi, classificazione e caratteristiche funzionali del macchinario; scarichi sincroni, tegoli deviagetto e regolatori di velocità; disposizione delle unità e opere civili. Impianti di rivalutazione dell'energia tramite pompaggio, macchine reversibili. Stabilità di regolazione: risultati di base e cenni sui problemi di interconnessione delle reti.

Testi consigliati:

Appunti manoscritti (class notes)
F. Contessini, *Dighe e traverse, Impianti idroelettrici*, Ed. Tamburini, Milano.
G. Evangelisti, *Impianti idroelettrici*, Ed. Pàtron, Bologna.
F. Arredi, *Costruzioni idrauliche*, Ed. UTET, Roma.

Esame: scritto e orale.

Tesi di laurea

Problemi idraulici, statici, economici, ambientali relativi alla realizzazione di dighe, traverse, grandi opere di trasporto d'acqua.

Studi e progetti per la realizzazione di opere di sbarramento, trasporto, impianti idroelettrici, con particolare riguardo alle opere civili ed idrauliche.

IMPIANTI TECNICI **BO, cds: C, D**

Docente: **Giovanni Semprini** ric.

L'insegnamento si propone di approfondire i vari aspetti dell'impiantistica termomeccanica nel settore civile. A partire dalle nozioni di base della Fisica Tecnica e dell'Idraulica, vengono trattati i temi fondamentali relativi alla progettazione degli impianti di riscaldamento, condizionamento dell'aria, distribuzione del gas negli edifici, distribuzione dell'acqua per usi igienico sanitari ed antincendio.

A) Impianti di riscaldamento - Richiami di trasmissione del calore in regime stazionario e non stazionario; isolamento termico. Controllo della condensazione interstiziale e superficiale. Diagramma di Glaser. Calcolo delle dispersioni termiche per trasmissione e ventilazione. Ponti termici. Elementi principali di un impianto di riscaldamento. Caldaie e bruciatori. Sistemi di espansione. Apparecchiature di sicurezza e di regolazione. Valvole miscelatrici. Camini. Corpi scaldanti: radiatori, convettori, pannelli radianti. Tubazioni. Classificazione sistematica e schemi realizzativi. Centrali termiche. Legislazione: legge 10/1991, decreti e norme UNI correlate, la sicurezza dei depositi di combustibile e delle centrali termiche. Dimensionamento degli elementi impiantistici. Soluzioni per il risparmio energetico ed utilizzo di fonti alternative.

B) Impianti di condizionamento dell'aria - Condizionamento dell'aria in ambiente civile e/o industriale. Il benessere termoigrometrico: fattori soggettivi ed oggettivi che lo influenzano. Irraggiamento solare: valutazione analitica e temperatura equivalente. Inerzia termica delle pareti opache. Pareti vetrate e inerzia termica dell'edificio. Classificazione sistematica e schemi realizzativi. Dimensionamento delle unità di trattamento aria e delle canalizzazioni. Le macchine frigorifere e le torri di raffreddamento. La rumorosità degli impianti.

C) Impianti idrosanitari - Approvvigionamento d'acqua e produzione dell'acqua calda. Reti di distribuzione all'interno dei fabbricati e delle unità abitative. Sistemi di sopraelevazione. Calcolo delle portate. Coefficiente di contemporaneità. Dimensionamento delle tubazioni. Reti di scarico e di ventilazione. Materiali.

D) Impianti di distribuzione del gas - Normativa di sicurezza UNI-CIG. Sistemi di approvvigionamento e di accumulo gas e GPL. Schemi di distribuzione. Dimensionamento delle tubazioni. Materiali.

E) Impianti e sistemi antincendio - Normativa di settore. Difesa passiva: prescrizioni di carattere realizzativo. Carico d'incendio. Difesa attiva: circuiti di distribuzione dell'acqua e/o di gas passivanti. Sistemi di rilevazione fumi. Sistemi di irroramento automatico. Mezzi d'estinzione.

Modalità di svolgimento dell'esame:

Redazione di uno studio per la realizzazione di un impianto di riscaldamento elementare, con predisposizione dei calcoli richiesti dalla normativa vigente, al fine dell'ammissione all'accertamento orale

Testi consigliati

G. ALFANO, M. FILIPPI, E. SACCHI, "Impianti di climatizzazione per l'edilizia", Ed. Masson.
N. ROSSI, "Manuale del termotecnico" Hoepli.
AA.VV. "Manuale di progettazione edilizia" – vol. 2, Hoepli.
G. MONCADA LO GIUDICE, L. DE SANTOLI, "Progettazione di impianti tecnici", ed. Masson.
DALL'O', PALMIZI, Impianti idrosanitari, Ed. CLUP.

IMPIANTI TECNICI **BO, cds: N**

Docente: **Alessandro Cocchi** prof. ord.

L'insegnamento si propone di approfondire i vari aspetti dell'impiantistica termomeccanica. A partire dalle nozioni di base della Fisica Tecnica e dell'Idraulica, vengono trattati i temi fondamentali relativi alla progettazione degli impianti di riscaldamento, condizionamento dell'aria, distribuzione del gas negli edifici, distribuzione dell'acqua per usi igienico sanitari ed antincendio.

A) **Impianti di riscaldamento** – Richiami di trasmissione del calore in regime stazionario e non stazionario; isolamento termico. Controllo della condensazione interstiziale e superficiale. Diagramma di Glaser. Calcolo delle dispersioni termiche per trasmissione e ventilazione. Ponti termici. Elementi principali di un impianto di riscaldamento. Caldaie e bruciatori. Sistemi di espansione. Apparecchiature di sicurezza e di regolazione. Valvole miscelatrici. Camini. Corpi scaldanti: radiatori, convettori, pannelli radianti. Classificazione sistematica e schemi realizzativi. Centrali termiche. Legislazione: legge 10/1991, decreti e norme UNI correlate, la sicurezza dei depositi di combustibile e delle centrali termiche. Dimensionamento degli elementi impiantistici.

B) **Impianti di condizionamento dell'aria** – Condizionamento dell'aria in ambiente civile e/o industriale. Il benessere termoigrometrico: fattori soggettivi ed oggettivi che lo influenzano. Irraggiamento solare: valutazione analitica e temperatura equivalente. Inerzia termica delle pareti opache. Pareti vetrate e inerzia termica dell'edificio. Classificazione sistematica e schemi realizzativi. Dimensionamento delle canalizzazioni. La rumorosità degli impianti.

C) **Impianti idrosanitari** – Approvvigionamento d'acqua e produzione dell'acqua calda. Reti di distribuzione all'interno dei fabbricati e delle unità abitative. Sistemi di sopraelevazione. Calcolo delle portate. Coefficiente di contemporaneità. Dimensionamento delle tubazioni. Reti di scarico e di ventilazione. Materiali.

D) **Impianti di distribuzione del gas** – Normativa di sicurezza UNI-CIG. Sistemi di approvvigionamento e di accumulo gas e GPL. Schemi di distribuzione. Dimensionamento delle tubazioni. Reti di scarico e di ventilazione. Materiali.

E) **Impianti e sistemi antincendio** – Normativa di settore. Difesa passiva: protezioni di ca-

rattere realizzativo. Carico d'incendio. Difesa attiva: circuiti di distribuzione dell'acqua e/o di gas passivanti. Sistemi di rilevazione fumi. Sistemi di irroramento automatico. Mezzi d'estinzione.

Testi consigliati:

AMERIO, SILLITI, *Impianti tecnici per l'edilizia*, SEI Ed., Torino.
Manuale di Progettazione Edilizia, vol 2, *Criteri ambientali e impianti*, Hoepli Ed., Milano.
DALL'O', PALMIZI, *Impianti di riscaldamento*, CLUP Ed., Milano.
DALL'O', PALMIZI, *Impianti idrosanitari*, CLUP Ed., Milano.
G. ALFANO, M. FILIPPI, E. SACCHI, *Impianti di climatizzazione per l'edilizia*, Masson Ed..

Modalità d'esame:
Redazione di uno studio per la realizzazione di un impianto di riscaldamento elementare, con predisposizione dei calcoli richiesti dalla normativa vigente, al fine dell'ammissione all'accertamento orale

IMPIANTI TECNICI L **CE, cds: dud**
Docente: **Giovanni Semprini** ric.

Il corso si propone di fornire le conoscenze di base per la gestione di commesse legate agli impianti di climatizzazione in edilizia. Dopo aver fornito un quadro generale sulle diverse tipologie di impianti di riscaldamento, condizionamento dell'aria e dei loro principali componenti, verranno analizzati gli aspetti progettuali, di esecuzione nonché quelli di gestione e manutenzione, nel rispetto delle condizioni di benessere termoigrometrico ed acustico all'interno degli ambienti, delle prescrizioni di sicurezza e di risparmio energetico. Verranno forniti alcuni cenni sugli impianti idrosanitari, antincendio e distribuzione gas.

A) Impianti di riscaldamento - Calcolo del carico termico invernale di un edificio: dispersioni termiche per trasmissione e per ventilazione. Tipologie ed elementi principali di un impianto di riscaldamento. Corpi scaldanti, pannelli radianti. Caldaie: tipologie e parametri energetici. Camini. Tubazioni: materiali e dimensionamento. Organi di sicurezza, regolazione e controllo. Centrali termiche: criteri costruttivi. Cenni sul teleriscaldamento. Legge 10 e DPR 412/93. Verifiche di Legge. Soluzioni per il risparmio energetico ed utilizzo di fonti alternative. Elementi per il collaudo.

B) Impianti di condizionamento dell'aria - Calcolo del carico termico estivo di un edificio. Classificazione delle tipologie impiantistiche per il condizionamento civile. Le unità di trattamento aria, le canalizzazioni e i sistemi di diffusone dell'aria. Le macchine frigorifere e le torri di raffreddamento. Il rumore prodotto dagli impianti di condizionamento. Elementi per il collaudo.

C) Cenni su alcuni aspetti legati alla gestione e manutenzione degli impianti di climatizzazione.

D) Impianti idrico-sanitari - Valutazione dei fabbisogni. Reti di distribuzione. Produzione diretta ed indiretta di acqua calda. Reti di scarico e di ventilazione.

E) Impianti antincendio - Provvedimenti antincendio nelle centrali termiche. Sistemi passivi ed attivi.

F) Impianti distribuzione del gas - Dimensionamento reti. Normative UNI e legge 46/90.

Esami Propedeutici: Fisica Tecnica

Modalità di svolgimento dell'esame:
Redazione di un progetto di un impianto autonomo di riscaldamento per un appartamento residenziale e successivo esame orale

Testi consigliati

G. ALFANO, M. FILIPPI, E. SACCHI, "Impianti di climatizzazione per l'edilizia", Ed. Masson.
N. ROSSI, "Manuale del termotecnico" Hoepli.
AA.VV. "Manuale di progettazione edilizia" – vol. 2, Hoepli.
G. MONCADA LO GIUDICE, L. DE SANTOLI, "Progettazione di impianti tecnici", ed. Masson.
DALL'O', PALMIZI, Impianti idrosanitari, Ed. CLUP.

INFORMATICA GRAFICA **BO, cds: D (L-Z)**
Docente: **Stefano Bergamini** prof. inc.

Programma
Architettura dei sistemi di elaborazione.
Struttura generale di un calcolatore elettronico. La macchina di Von Neumann. Calcolatori e applicazioni. Reti di calcolatori. Internet e World Wide Web.

Software di base per sistemi di elaborazione.
Il sistema operativo. Strumenti per la programmazione: editor, debugger, compilatori e interpreti. Fasi di sviluppo di un programma.

Elementi di programmazione.
Metodi per l'analisi di un problema. Introduzione agli algoritmi. Metodologie di programmazione strutturata e modulare. Algebra di Boole.
Linguaggi di Programmazione.
I linguaggi di programmazione e cenni alla loro evoluzione. Sintassi e semantica dei programmi.

Il linguaggio Java.
Il linguaggio di programmazione Java. Struttura delle applicazioni Java. Alfabeto e sintassi Java. Oggetti e classi. Uso di oggetti. Variabili e assegnazione. Costanti. Tipi. Espressioni e operatori. Creazione di oggetti e costruttori. Convenzioni di codifica. Istruzioni di ingresso/uscita. Istruzioni composte, condizionali e ripetitive. Regole di visibilità e tempo di vita. Progetto e definizione di metodi. Overloading. Stringhe. Array. Definizione di classi. Incapsulamento. Algoritmi di ricerca su vettori. Correttezza. Applet. Interfacce grafiche.

Programmi applicativi e servizi di utilità.
Esempi di programmi applicativi: uso di CAD. Strumenti software per la progettazione architet-

tonica. Creazione e impostazione dei file di disegno. Classificazione logica dei comandi. Impostazione dell'area di lavoro. Organizzazione del disegno con i layer. Inserimento di file esterni e raster. Completamento con testi e quotatura. Stampa dei file. Esportazione e trasmissione dei dati. Cenni di modellazione 3D.

Testi di riferimento

Dispense del corso fornite dalla docente.
S. CERI, D. MANDRIOLI, L. SBATTELLA. *Informatica – arte e mestiere*. McGraw-Hill, 1994.
CAY S. HORSTMANN. *Concetti di Informatica e Fondamenti di Java 2*. Apogeo, 2000.

Modalità di esame
Prova scritta. Progetto CAD. Prova pratica. Eventuale prova orale integrativa.

INFORMATICA GRAFICA

Docente: **Franca Tesi** prof. ass. **BO, cds: D (A-K)**

Programma
Architettura dei sistemi di elaborazione.
Struttura generale di un calcolatore elettronico. La macchina di Von Neumann. Calcolatori e applicazioni. Reti di calcolatori. Internet e World Wide Web.

Software di base per sistemi di elaborazione.
Il sistema operativo. Strumenti per la programmazione: editor, debugger, compilatori e interpreti. Fasi di sviluppo di un programma.

Elementi di programmazione.
Metodi per l'analisi di un problema. Introduzione agli algoritmi. Metodologie di programmazione strutturata e modulare. Algebra di Boole.

Linguaggi di Programmazione.
I linguaggi di programmazione e cenni alla loro evoluzione. Sintassi e semantica dei programmi.

Il linguaggio Java.
Il linguaggio di programmazione Java. Struttura delle applicazioni Java. Alfabeto e sintassi Java. Oggetti e classi. Uso di oggetti. Variabili e assegnazione. Costanti. Tipi. Espressioni e operatori. Creazione di oggetti e costruttori. Convenzioni di codifica. Istruzioni di ingresso/uscita. Istruzioni composte, condizionali e ripetitive. Regole di visibilità e tempo di vita. Progetto e definizione di metodi. Overloading. Stringhe. Array. Definizione di classi. Incapsulamento. Algoritmi di ricerca su vettori. Correttezza. Applet. Interfacce grafiche.

Programmi applicativi e servizi di utilità.
Esempi di programmi applicativi: uso di CAD. Strumenti software per la progettazione architettonica. Creazione e impostazione dei file di disegno. Classificazione logica dei comandi. Impostazione dell'area di lavoro. Organizzazione del disegno con i layer. Inserimento di file esterni e raster. Completamento con testi e quotatura. Stampa dei file. Esportazione e trasmissione dei dati. Cenni di modellazione 3D.

Testi di riferimento

Dispense del corso fornite dalla docente.
S. CERI, D. MANDRIOLI, L. SBATTELLA. *Informatica – arte e mestiere*. McGraw-Hill, 1994.
CAY S. HORSTMANN. *Concetti di Informatica e Fondamenti di Java 2*. Apogeo, 2000.

Modalità di esame
Prova scritta. Progetto CAD. Prova pratica. Eventuale prova orale integrativa.

INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE — BO, cds: R, Q

Docente: **Alceo Gatta** prof. ass.

Nel corso vengono trattati i temi dell'ingegneria chimica ambientale, con riferimento alle tecnologie per la prevenzione dell'inquinamento ambientale.

1. *Considerazioni introduttive.*
L'inquinamento ambientale e le linee d'intervento per la prevenzione, con riferimento in particolare alla politica di salvaguardia ambientale messa in atto dall'Unione Europea.

2. *Inquinamento atmosferico.*
I tipi e le caratteristiche degli inquinanti atmosferici: sorgenti, cause, effetti.
2.1. Gli interventi tecnologici per il controllo dell'inquinamento atmosferico.
2.1.1. Materiale particolato: sorgenti, tipi e caratteristiche.
Le tecnologie di controllo delle emissioni di materiale particolato.
2.1.2. Inquinanti gassosi: sorgenti, tipi e caratteristiche.
Le tecnologie di controllo delle emissioni di inquinanti gassosi.

3. *Inquinamento idrico.*
Le caratteristiche delle acque reflue: civili e industriali.
Le linee d'intervento per il controllo dell'inquinamento idrico.
3.1. I sistemi di trattamento di depurazione delle acque reflue e le caratteristiche degli impianti di trattamento.
3.1.1. Gli stadi degli impianti di trattamento: stadi di pretrattamento e trattamento primario; stadio di trattamento secondario; stadio di trattamento terziario.
3.1.2. Trattamento e smaltimento dei fanghi prodotti negli stadi di trattamento delle acque reflue.

4. *Inquinamento del suolo.*
I tipi e le caratteristiche dei rifiuti solidi prodotti nelle attività antropiche.
I sistemi di gestione dei rifiuti solidi prodotti e gli interventi per il loro trattamento e smaltimento.
4.1. Le tecnologie di trattamento e smaltimento dei rifiuti solidi.
4.1.1. Deposizione in discarica controllata.
4.1.2. Termodistruzione: incenerimento; pirolisi; gassificazione.
4.1.3. Tecnologie biologiche e chimiche.

Riferimenti bibliografici e materiale specifico inerente ai temi trattati nel corso vengono forniti durante lo svolgimento delle lezioni ed esercitazioni.

Esame: è costituito da una prova scritta.

INGEGNERIA CLINICA LS

BO, cds: L

Docente: **Claudio Lamberti** prof. ass.

L'insegnamento tratta problemi connessi con l'organizzazione e la gestione di una struttura sanitaria, in particolare per ciò che concerne le tecnologie biomediche.

Vengono illustrate le metodologie ed i supporti tecnologici oggi disponibili per una loro gestione corretta e sicura.

Programma

1. Tecnologie Biomediche ed Ingegneria Clinica.

Definizioni e classificazione. Dati orientativi sulla consistenza del parco tecnologico. L'ingegnere clinico ed il tecnico biomedico: attività e competenze. La gestione delle tecnologie nei presidi sanitari. L'acquisizione e la manutenzione delle apparecchiature. Criteri per il dimensionamento di un Servizio di Ingegneria Clinica.

2. Le Norme ed il Technology Assessment

Le normative per assicurare un uso corretto e sicuro delle tecnologie biomediche. La certificazione di qualità. Il processo di Valutazione delle Tecnologie Biomediche.

3. Sistemi Informativi Sanitari

Caratteristiche generali dei principali componenti di un Sistema Informativo Sanitario. Modello centralizzato e modello distribuito. Cartella clinica tradizionale e problemi relativi alla sua informatizzazione. Indicatori sanitari. Raggruppamenti Omogenei di Diagnosi (DRG/ROD) e loro utilizzo.

4. Telemedicina

Telemedicina: alcuni esempi significativi di utilizzo delle tecnolgie dell'informazione in ambito sanitario. Picture Archiving and Communication System (PACS).

Visite guidate presso alcune strutture sanitarie.
Seminari tenuti da esperti esterni.

Testi consigliati:

C. LAMBERTI, W. RAINER: *Le Apparecchiature Biomediche e la loro Gestione*. Collana di Ingegneria Biomedica. Patron Editore, Bologna, 1998.

Management of Medical Technology. A Primer for Clinical Engineers. Edited by J.D.Bronzino. Butterworth-Heinemann, 1992.

Vengono forniti inoltre appunti preparati dal docente contenenti anche le indicazioni bibliografiche per l'approfondimento di temi specifici.

INGEGNERIA DEGLI ACQUIFERI L **BO, cds: R**
Docente: **Guido Gottardi** prof. straord.

Il ciclo dell'acqua. Classificazione degli acquiferi. Proprietà dei suoli (porosità, permeabilità assoluta, curve di permeabilità relativa e di pressione capillare). Legge del moto dell'acqua nel sottosuolo. Equazione della diffusione per acquiferi confinati e non confinati. Teoria del consolidamento di Terzaghi. Integrazione dell'equazione della diffusività in condizioni di transitorio e stazionarie. Prove sui pozzi e di falda. Misure in situ sugli acquiferi. Utilizzazione e protezione delle risorse idriche sotterranee. L'inquinamento delle acque sotterranee e gli interventi di protezione e di risanamento. Flusso multifase di fluidi non miscibili (acqua-aria, acqua-olio). Equazione della diffusione in sistemi parzialmente saturi. Flusso di fluidi miscibili non reagenti tra loro: la dispersione, il decadimento biologico e la ritenzione del soluto da parte del suolo. Equazione del trasporto del soluto. Equazione del trasporto del calore in un mezzo poroso. Tecnica delle differenze finite (DF) e degli elementi finiti (EF) per l'integrazione di equazioni differenziali alle derivate parziali. Applicazione della tecnica alle DF ed EF per l'integrazione dell'equazione della diffusività e del trasporto per geometrie monodimensionali, bidimensionali e tridimensionali. Criteri di valutazione per la scelta di un simulatore numerico. Metodi diretti ed iterativi per la risoluzione di sistemi di equazioni algebriche di grandi dimensioni.

Testi consigliati

Appunti e dispense del docente.
G. DE MARSILY Quantitative Hydrology – *Groundwater Hydrology for Engineers.*
P.S. HUYAKORN and G.F. PINDER, *Computational Methods in Subsurface Flow.*
W. KINZELBACH Groundwater modelling – *An Introduction with sample Programs in BASIC.*
J.J. CONNOR and C.A. BREBBIA, *Finite. Elements for Fluid Flow.*
D.U VON ROSENMBERG, *Methods for the Numerical Solution of Partial Differential Equations.*

INGEGNERIA DEGLI SCAVI **BO, cds: R**
Docente: **Sante Fabbri** prof. straord.

Finalità e campi di interesse dell'ingegneria degli scavi. Metodi di scavo in relazione alla geologia, al tipo di terreno e di roccia. Scavo meccanico in terra ed in roccia; scavo in roccia con esplosivo. Scavi sopra la falda e sotto falda. Scavi in aree urbane ed in aree non antropizzate.

Fattori geologici e geologico tecnici rilevanti ai fini di uno scavo in roccia ed in terreni sciolti. Norme tecniche riguardanti le indagini. Finalità delle indagini: preliminari alla scelta del metodo di scavo; alla scelta della tecnica di scavo, per la previsione delle condizioni di stabilità e per il progetto dei consolidamenti. Indagini in corso d'opera per il controllo della stabilità, per il controllo dell'efficacia della tecnica e del metodo di scavo, per il controllo delle opere di consolidamento. Indagini per la caratterizzazione completa del sito; sondaggi geognostici; indagini geofisiche; cunicoli esplorativi; affidabilità della ricostruzione geologica.

Metodi di calcolo delle strutture in gallerie. Caratteristiche dei terreni e delle rocce; sistemi di classificazione; caratterizzazione meccanica dei terreni e delle rocce ai fini dello scavo. Verifica delle strutture di rivestimento e di consolidamento dello scavo.

Tecniche di scavo. Sezione e sviluppo planimetrico. Fasi di scavo. Abbattimento. Caricamento e trasporto del frantumato.

Abbattimento con esplosivi. Perforazione. Volate in sotterraneo ed a cielo aperto. Il problema

dei sovrascavi. Spari controllati.

Abbattimento meccanico con demolitori idraulici. Scavo con metodologia N.A.T.M. Scavo con le frese scudate. Scavo con le frese puntuali. Scavo con T.B.M. Abbattimento idraulico.

Il cantiere per la realizzazione di scavi. Le forme di energia. Impianto per la produzione di aria compressa. L'energia elettrica. I motori a combustione interna. I circuiti oleodinamici delle macchine impiegate nell'ingegneria degli scavi.

Problemi di salubrità e sicurezza. Gas di esplosione, di motori a combustione interna e gas di strutture geologiche. Polveri. Vibrazioni. Sovrappressioni in aria (rumore). Microclima. Temperatura. Umidità. Velocità dell'aria. Indici microclimatici. Lancio di materiali lapidei.

Schemi di ventilazione ed impianti di ventilazione.

Le esercitazioni forniscono i principali elementi di calcolo e di dimensionamento degli scavi per opere civili.

Testi consigliati:

M. BRINGIOTTI, *Guida al tunneling.L'arte e la tecnica*, ed. PEI, Parma.
AUTORI VARI, Articoli tecnici e scientifici forniti dal docente.
Dispense redatte dal docente.

INGEGNERIA DEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI — BO, cds: R

Docente: **Guido Gottardi** prof. straord.

Scopo dell'Insegnamento è di fornire le conoscenze di base per lo studio dei giacimenti di petrolio e di gas naturale, per la progettazione del loro sviluppo e per la loro coltivazione razionale. A complemento degli argomenti trattati si suggerisce allo studente di seguire l'insegnamento di Produzione e trasporto degli idrocarburi.

Programma

– Nozioni elementari sulla geologia dei giacimenti di idrocarburi, sulla naftogenesi e migrazione degli idrocarburi, sulla pressione e temperatura di giacimento.

– Comportamento di fase e volumetrico degli oli, dei gas a condensato e dei gas secchi. Metodo di calcolo dei loro parametri termodinamici.

– Le rocce-serbatoio: loro caratteristiche petrofisiche e di trasporto. Porosità, comprimibilità, saturazione in fluidi, capillarità, permeabilità assoluta e relativa.

– Definizione delle riserve di olio e di gas e loro calcolo con il metodo volumetrico. Valutazione probabilistica delle riserve con il metodo Monte Carlo.

– Il flusso radiale dei mezzi porosi: caso dei fluidi a permeabilità bassa e costante. Equazione di diffusività in variabili adimensionali: sua soluzione con la trasformata di Boltzmann. I regimi di flusso stazionario, transitorio e pseudostazionario.

– L'interpretazione delle prove di produzione nei pozzi ad olio: il problema della nonunivocità. Calcolo delle curve pD(tD) geometrie non circolari. Interpretazione delle curve di declino e di risalita della pressione. Prove di interferenza con portate pulsate e con traccianti allo scopo di valutare le caratteristiche della roccia-serbatoio nelle zone inter-pozzo.

– L'interpretazione delle prove di produzione nei pozzi a gas. Linearizzazione dell'equazione di diffusività per flusso radiale e sua soluzione per gas reali in condizioni di portata costante. Prove a portata variabile nei pozzi a gas. Isochronal tests. Interpretazione delle risalite di pressio-

ne nei pozzi a gas.

– L'ingresso d'acqua nei giacimenti: equazioni empiriche di Schiltuis e di Hurst. Soluzione di van Everdingen-Hurst per flusso in regime transitorio e soluzione approssimata di Fetkovich per acquiferi di estensione limitata.

– L'analisi del comportamento passato dei giacimenti: equazione di bilancio volumetrico. Il caso dei giacimenti di gas secco ed a condensato, oppure in contatto con un acquifero. L'equazione di bilancio volumetrico per i giacimenti di olio: calcolo degli indici di spinta e previsione del fattore di recupero dell'olio.

– Lo spiazzamento immiscibile monodimensionale in mezzi porosi omogenei equazioni di flusso frazionario, di Buckley-Leverett e di Welge. Il metodo delle caratteristiche nella trattazione dello spiazzamento. L'influenza della velocità di spiazzamento e di viscosità. Spiazzamento immiscibile in sistemi bidimensionali: nozioni di e di stabilizzazione gravitativa del fronte.

– Il recupero migliorato del petrolio mediante iniezione d'acqua: distribuzioni tipiche dei pozzi d'iniezione e di produzione. Nozioni di efficienza microscopica e di efficienza volumetrica di spiazzamento. Calcolo dell'efficienza volumetrica nel caso di giacimenti stratificati, con strati isolati verticalmente oppure in comunicazione fra loro. Il fenomeno del cono d'acqua: calcolo della portata critica per coning, del tempo di arrivo dell'acqua in pozzo e dell'evoluzione del water cut nel caso di produzione con portata superiore alla critica. Equazioni modello oli pesante "black oil", olio volatile, ed a multicomponenti.

Testi consigliati:

Dispense approvate dal docente.

GIAN LUIGI CHIERICI, *Principi di ingegneria dei giacimenti petroliferi*, vol. 1-2, Agip 1991

L.P. DAKE, *Fundamental of reservoir engineering*, Elsevier, New-York, 1978.

Esame orale, con richiami alle applicazioni pratiche svolte nelle esercitazioni.

Propedeuticità consigliata: nessuna

Tesi di laurea: 1) Temi compilativi e di ricerca; 2) Progetti di sviluppo di giacimenti di idrocarburi con simulatori numerici.

INGEGNERIA DEI PLASMI LS **BO, cds: E**

Docente: **Carlo A. Borghi** prof. straord.

L'obiettivo fondamentale del corso è dare le conoscenze di base sulle technologie che riguardano l'ingegneria dei plasmi. La prima parte del corso è rivolta ai principi di base della della Fisica dei Plasmi e della Magnetofluidodinamica, disciplina che riguarda lo studio della dinamica di un plasma. Nella seconda parte vengono presi in esame aspetti fondamentali di alcune tecnologie basate sull'utilizzo dei plasmi, ed in particolare l'interazione MHD e le sue principali applicazioni, la fusione termonucleare controllata e le principali tecnologie industriali per il trattamento di superfici.

PROGRAMMA

Elementi di fisica dei plasmi:

Moto delle particelle cariche: moto di una particella carica in campi elettromagnetici, momento magnetico di una particella carica ed invarianti adiabatiche, specchi magnetici.

Processi radiativo-collisionali: particelle fondamentali di un plasma, sezioni d'urto e velocità

di reazione, velocità di massa di un plasma, corrente elettrica di conduzione e di convezione, collisioni elastiche, collisioni Coulombiane e collisioni non elastiche nei gas ionizzati.

Processi radiativi: radiazioni bound-bound, emissione spontanea, emissione forzata ed assorbimento, allargamento di linea, radiazioni bound-free e radiazioni free-free.

Comportamento statistico dei plasmi: distribuzione Maxwelliana della velocità, relazioni di Boltzmann, relazione di Saha e relazione di Plank, principio del bilancio dettagliato, regimi di equilibrio.

Fenomeni collettivi e grandezze caratteristiche del plasma: lunghezza di Debye, potenziale schermato di Coulomb ed effetto guaina, frequenza propria del plasma, conducibilità elettrica in un gas ionizzato, parametro di Hall, legge di Ohm generalizzata.

Descrizione dei campi magnetofluidodinamici: approssimazione MHD, equazioni dell'Elettrodina-mica ed equazioni della Fluidodinamica, regimi diffusivo e convettivo, numero di Reynolds magnetico e parametro di interazione, equazioni di conservazione per plasmi in parziale equilibrio termodinamico locale.

Conversione magnetofluidodinamica dell'energia:

Interazione MHD: principali applicazioni MHD, il generatore ed il propulsore MHD, controllo MHD della resistenza e dell'assetto aerodinamico, e dei flussi termici per mezzo di dispositivi MHD.

Leggi fondamentali della magnetofluidodinamica in un gas ionizzato: leggi dell'Elettrodinamica e della fluidodinamica, flussi di Hartmann, cinetica del plasma e conducibilità del non equilibrio. Conservazione diretta dell'ernergia: il generatore MHD, elementi di progetto del generatore MHD ed impianti MHD.

Fusione termonucleare controllata:

Principio fisico della fusione e caratteristiche principali dei plasmi fusionistici: principali reazioni di fusione, barriera Coulombiana e probabilità di reazione, bilanci energetici, criterio di pareggio e criterio di ignizione, legge di Lawson, confinamento magnetico del plasma, superfici di confinamento e proprietà diamagnetiche del plasma, configurazioni lineari, z-pinch ed equazione di Bennet, z-pinch stabilizzati, configurazioni toroidali, calcolo del campo magnetico di equilibrio, fattore di sicurezza ed ergodicità del sistema magnetico, tipi di configurazioni toroidali, il tokamak, il reversal field pinch e lo stellarator, instabilità nei plasmi fusionistici, instabilità MHD nelle configurazioni lineari e nelle configurazioni toroidali, stabilizzazione delle configurazioni toroidali, riscaldamento del plasma, aspetti ingegneristici della macchina tokamak.

Tecnologie a plasma

Trattamento di superfici: pulizia, degassamento e sterilizzazione a plasma, impianto di ioni nei solidi, incisione a plasma deposizione di strati sottili, tecnologie a plasma per la microelettronica.

Bibbliografia

M. MITCHNER and C.H. KRUGER, *Partially Ionized Gases*, John Wiley and Sons, New York, 1973.
J.D. JACKSON, *Classical Electrodynamics*, John Wiley and Sons, New York 1975.
L. SPITZER, *Physics of Fully Ionized Gases*, Interscieces, 1962.
R.J. ROSA, *Magnetohydrodynamic Energy Conversion*, McGraw Hill, 1968.
T.J. DOLAN, *Fusion Research*, Pergamon Press, 1980.
J.R. ROTH, *Industrial Plasma Engineering: Vol. I and II*, Institute of Physics Publisching, Philadelphia 1995.

Università di Bologna
BIBLIOTECA INGEGNERIA
BOLOGNA

Esame: La prova d'esame è orale.

Tesi di laurea: Tesi di tipo teorico, numerico e sperimentale: applicazioni industriali dei plasmi; tesi di tipo teorico-numerico: progetto ottimizzato di dispositivi elettromagnetici.

INGEGNERIA DEL SOFTWARE LA **BO, cds: I**

Docente: **Giuseppe Bellavia** ric.

Programma

Obiettivi:

– fornire i concetti di base dell'ingegneria del software, mediante la descrizione del processo di sviluppo del software (analisi, specifica, progettazione, *testing/debugging*, manutenzione);

– esaminare tecniche avanzate per il progetto e lo sviluppo di applicazioni, con particolare riferimento alla programmazione orientata agli oggetti (*object-oriented*).

Processo di produzione del software: ciclo di vita del software, modello a cascata, modello evolutivo, modello trasformazionale, modello a spirale di Boehm.

Fattori di qualità del prodotto software: qualità interne e qualità esterne. Affidabilità, modificabilità, comprensibilità / leggibilità, riusabilità.

Processo di ingegnerizzazione dei sistemi: definizione dei requisiti, progetto, realizzazione dei componenti, integrazione, installazione, messa in opera e training, evoluzione. Verifica e convalida del software: analisi statica, analisi dinamica, collaudo del modulo, collaudo d'integrazione, *debugging*, controllo della qualità. Evoluzione del software: manutenzione, documentazione, gestione delle versioni. Re-ingegnerizzazione del software: conversione del linguaggio, ristrutturazione del codice (*refactoring*), *reverse engineering*. Pianificazione, controllo e gestione del processo produttivo. Analisi dei costi. Gestione del gruppo di lavoro. Gestione dei rischi: rischi relativi ai requisiti, rischi tecnologici, rischi legati alle risorse umane, rischi politici.

Struttura a livelli di un'applicazione: *Presentation Manager, Presentation Logic, Application Logic, Data Logic, Data Manager, Middleware*.

Analisi e progettazione *object-oriented*. Modello del processo di sviluppo di software *object-oriented*.

Processo di analisi: raccolta dei requisiti, analisi del dominio, analisi dei requisiti, analisi dei rischi.

Processo di specifica: modelli *data-flow*, modello E-R, automi a stati finiti, reti di Petri, modelli *object-oriented*. Realizzazione di prototipi. Validazione delle specifiche. Evoluzione delle specifiche.

Tecniche di progettazione: *top-down* vs *bottom-up*, decomposizione in moduli, progettazione *object-based*, tipi di dati astratti, incapsulamento, progettazione *object-oriented*, ereditarietà, *object composition*, *delegation*, progettazione generica rispetto ai tipi, template, gestione delle eccezioni, *pattern*.

Modello statico e modello dinamico. UML (*Unified Modeling Language*).

Casi d'uso, scenari e diagrammi delle classi. Individuazione delle classi e delle loro responsabilità; individuazione delle relazioni tra classi. Tipologia delle relazioni tra classi: ereditarietà, dipendenza, associazione, aggregazione, composizione. Individuazione degli attributi e delle operazioni. Pre-condizioni, post-condizioni, invarianti di classe, eccezioni.

Scenari di funzionamento del sistema. Diagrammi di sequenza, di collaborazione e di stato.

Progettazione *object-oriented*: sviluppo incrementale e sviluppo iterativo; progettazione logica; realizzazione delle relazioni tra classi; controllo della visibilità; modifiche per utilizzare il livello di ereditarietà supportato dal linguaggio di programmazione scelto. Progettazione dei componenti *Data Logic*, *Presentation Logic* e di interazione con sistemi esterni.

Design Pattern. Classificazione dei *design pattern*: *pattern* di creazione, *pattern* strutturali e pattern comportamentali.

Tecnologie: linguaggio C++, linguaggio C#, linguaggio JavaScript (cenni), DHTML e CSS (cenni), XML, XSD e XSLT, .NET (cenni).

Nota: alcuni degli argomenti suddetti verranno approfonditi nel modulo di "Laboratorio di Informatica L-B".

Esame

Prova a quiz sugli argomenti trattati a lezione. Analisi, progetto e realizzazione di un'applicazione in cui si utilizzano più linguaggi e/o tecnologie. Prova orale con discussione del progetto.

Bibliografia

Fotocopie dei lucidi visti a lezione.

A. Fuggetta, C. Ghezzi, S. Morasca, A. Morzenti, M. Pezzè, *Ingegneria del software – progettazione, sviluppo e verifica* (seconda edizione), Mondadori Informatica, 1996.

I. Sommerville, *Software Engineering* (quinta edizione), Addison Wesley, 1995.

M. Fowler, *UML Distilled* (edizione italiana), Addison Wesley, Settembre 2000.

G. Booch, J. Rumbaugh, I. Jacobson, *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison Wesley, 1999.

S. Bennet, J. Skelton, K. Lunn, *Introduzione a UML*, McGraw-Hill, 2002.

E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, J. Vlissides, *Design Patterns – Elements of Reusable Object-Oriented Software*, Addison Wesley, 1998.

M. Fowler, *Refactoring – Improving the Design of Existing Code*, Addison Wesley, 1999.

INGEGNERIA DEL SOFTWARE LS **BO, cds: I**

Docente: **Antonio Natali**, prof. ord.

Obiettivi del corso

Il corso si pone come obiettivo principale introdurre concetti, metodologie e tecniche per l'analisi, il progetto, l'implementazione e il collaudo di sistemi software, con specifico riferimento ai sistemi ad oggetti, alla costruzione di modelli e al rapporto con le diverse piattaforme tecnologie oggi disponibili per la costruzione e dèl software

Per conseguire questi obiettivi il corso intende:

Approfondire le principali tecniche per la costruzione di sistemi software ad oggetti, utilizzando come caso di studio i sistemi basati su Web e le relative tecnologie di costruzione (quali HTML, Java, XML, XSLT, JSP, JavaScript, etc)

Approfondire il ruolo dei modelli per impostare l'analisi e progettazione dei sistemi in modo il più possibile indipendente dalle tecnologie realizzative

Presentare metodologie per l'utilizzo del linguaggio UML nella diverse fasi del colico di vita

Approfondire il ruolo dei design pattern, con particolare riferimento ai pattern architetturali

Fornire conoscenze tecniche e metodologiche per il progetto e la realizzazione di componenti software e di sistemi basati su componenti

Prerequisiti

Occorre conoscere l'organizzazione dei sistemi di elaborazione, i concetti fondamentali della programmazione ad oggetti e l'uso degli ambienti di sviluppo del software È fortemente consigliata, benché non strettamente indispensabile, la conoscenza del linguaggio Java.

Organizzazione del corso

Il corso prevede una stretta interazione tra la parte teorica e la parte pratica di laboratorio, che viene impostata simulando, per quanto possibile, un ambiente di produzione industriale. Le esercitazioni mirano ad affrontare in modo concreto le caratteristiche di processi di sviluppo di tipo evolutivo e incrementale.

Materiale didattico

Vengono fornite dispense a cura del docente, sia in forma elettronica sia in forma cartacea. Possibili titoli di testi e manuali di consultazione saranno esposti sul sito web del docente (www-natali.deis.unibo.it).

Parte del materiale didattico verrà prodotto e fornito in accordo con i risultati del progetto API (http://www.api.ei.unibo.it)

INGEGNERIA DEL TERRITORIO **BO, cds: R, C**

Docente: **Giovanni Salizzoni** ric.

Introduzione

Gli enormi cambiamenti intervenuti nella progettazione, esecuzione e gestione delle opere di ingegneria hanno reso sempre più inadeguata una certa figura di ingegnere o architetto, ereditata dal secolo scorso, ma fino a poco tempo fa ancora presente a livello di indirizzi di studio. Si trattava di un tecnico con una formazione di base prevalentemente strutturistica o, rispettivamente storico/compositiva, indirizzata alla progettazione di nuove opere, e portato a concepire il progetto come attività autonoma e in se stessa compiuta.

La crisi di questo modello ha portato sinora a differenziare la professione in uno spettro sempre più ampio di specializzazioni.

Oggi, proprio l'accresciuta complessità dei problemi richiede delle figure professionali capaci di ricondurre ad una sintesi lo studio delle diverse attività umane che si svolgono sul territorio, e che spesso rischiano (specie nel nostro paese) di trasformarsi in variabili non correlate ed incontrollabili.

Non si tratta quindi di operare questa sintesi come compendio di conoscenze tecnologiche: in questo campo, anzi, la continua dilatazione delle conoscenze richiederà sempre di più la specializzazione. Si tratta piuttosto di creare un professionista capace di individuare e di gestire tutte le complesse relazioni che intervengono in un progetto, sia in senso verticale (determinazione delle esigenze da soddisfare – ottimizzazione delle scelte e delle procedure di attuazione – modalità di gestione) sia in senso orizzontale (interfaccia con altri elementi dei territorio interessati dal progetto; interferenze con altri progetti).

Programma

- Base di **legislazione urbanistica**: quadro sintetico del contesto legislativo in cui il professionista si muove: collegamenti e richiami, potenzialità delle innovazioni legislative
- Elementi di **analisi dell'ambiente urbano e del territorio**

- **Pianificazione** – pianificazione degli interventi – pianificazione del territorio
- Tutela, **ambiente e paesaggio**
- Elementi per una **valutazione economica** – strategie e criteri per il finanziamento degli interventi
- **I sistemi della mobilità** – La mobilità come elemento cardine della pianificazione e della struttura del territorio
- **Pianificazione e sicurezza** – criteri di pianificazione del territorio in un paese ad alto rischio come è l'Italia
- **Garanzia della Qualità** – linee teoriche generali, modalità di applicazione ed esemplificazioni per l'utilizzo di un sistema di procedure di Garanzia della Qualità

Il corso è completato da **esercitazioni obbligatorie** su temi in relazione ai contenuti del programma

L'esame consiste in un colloquio individuale sugli argomenti trattati nelle lezioni e sull'esercitazione.

INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME **BO, cds: R, G, M**

Docenti: **Fulvio Ciancabilla** prof. ord.
Alessandra Bonoli prof. ass.

L'insegnamento si propone di fornire le nozioni di base e specialistiche sulle tecniche, le macchine e gli impianti che s'impiegano per la valorizzazione dei materiali solidi e fluidi estratti dal suolo e dal sottosuolo e per il trattamento e il riciclaggio delle materie prime seconde.

Brevi cenni storici. Tipici schemi di preparazione e loro inserimento nei cicli produttivi dei più importanti minerali e materiali rocciosi e nei processi di trattamento da rifiuti solidi.

Rappresentazione di un insieme di particelle solide: curve granulometriche e principali parametri che le caratterizzano.

La classificazione per dimensioni Per via diretta o vagliatura. Il funzionamento dei vagli e loro campo di applicazione. La vagliatura industriale e relativi problemi tecnici. Per via indiretta o classificazione. Basi teoriche della classificazione: moto di un corpo solido in un fluido. I classificatori industriali e loro scelta. Rendimento di una operazione di classificazione. I bacini di decantazione e loro dimensionamento.

La comminuzione Frantumazione e macinazione e loro campo pratico d'applicazione. Teorie della comminuzione con particolare riguardo alla determinazione dell'energia necessaria a ridurre di dimensioni un minerale od un materiale roccioso. La frantumazione: descrizione delle macchine impiegate per tale scopo e del loro funzionamento. I circuiti di frantumazione. Scelta del frantoio. La frantumazione come pretrattamento dei rifiuti solidi. Calcolo dell'energia necessaria alla macinazione. I circuiti chiusi di macinazione. Gli impianti di macinazione. Scelta del mulino.

La concentrazione o l'arricchimento I principali metodi impiegati e principi fisici e chimici su cui si basano. I metodi gravimetrici; mezzi densi, crivelli e tavole a scosse. La flottazione: basi teoriche, le macchine usate e gli impianti. Tecnologia della flottazione. La concentrazione magnetica ed elettrostatica. Metodi speciali di concentrazione. La concentrazione applicata alla valorizzazione dei rifiuti. Principali macchine accessorie degli impianti di preparazione dei minerali. Criteri di sicurezza sul lavoro negli impianti. L'impatto ambientale provocato dagli impianti di preparazione dei minerali e le applicazioni tecniche usate per il suo contenimento.

Le materie prime seconde

Definizione e classificazione. I trattamenti di comminuzione e classificazione mirati particolarmente alle plastiche post consumo e ai materiali inerti di scarto da costruzione e demolizione (C&D). Principali caratteristiche fisico-meccaniche e possibili campi di riciclaggio. Lo studio del ciclo di vita (LCA) per le materie prime seconde.

Indirizzo delle Tesi di laurea:

· a carattere sperimentale, sulla applicazione dei principi della preparazione dei minerali;
· teoriche, sullo studio delle fenomenologie;
· di progetto, in merito a singole macchine od a schemi ed impianti di trattamento.

Bibliografia

Appunti delle lezioni, riveduti dal Docente.

Enciclopedia della Ingegneria, ISEDI: Volume VIII, parte 55, Ingegneria Mineraria, Preparazione dei minerali.

E.C. BLANC, *Tecnologia degli apparecchi di frantumazione e di classificazione dimensionale*, PEI, Parma, 1976.

A.M. GAUDIN, *Principles of Mineral Dressing*, McGraw, New York, 1939.

INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME L **BO, cds: R**

Docente: **Alessandra Bonoli** prof. ass.

Finalità

Il corso si propone di fornire le nozioni di base e specialistiche sulle tecniche, le macchine e gli impianti utilizzati per la preparazione delle materie prime, a partire dai materiali rocciosi e dai minerali estratti dal suolo e dal sottosuolo, e per il recupero di materie secondarie derivanti dal trattamento e dal riciclaggio dei rifiuti solidi.

Programma

Brevi cenni storici. Generalità sui materiali rocciosi e sui minerali. Principali proprietà dei minerali.

La campionatura in situ e in laboratorio. Peso del campione e criteri di rappresentatività.

La granulometria di un insieme di particelle solide. Realizzazione in laboratorio delle analisi granulometriche e loro rappresentazione analitica.

La classificazione per dimensioni: classificazione per via diretta e indiretta. La vagliatura industriale. Principali tipi di vagli. I vibrovagli: capacità e rendimento. Basi teoriche della classificazione per via indiretta: legge del moto di un corpo solido immerso in un fluido. I classificatori industriali: classificatori meccanici e centrifughi. Gli idrocicloni. Il rendimento della classificazione indiretta. I bacini di decantazione: dimensionamento e criteri di progettazione.

Il pretrattamento e il trattamento primario fisico-meccanico delle acque di scarico: grigliatura e filtrazione, sedimentazione, flottazione.

La comminuzione. Teoria della comminuzione per la determinazione dei consumi energetici. Le leggi della comminuzione. Ddefinizione e calcolo del "work index". La frantumazione. Tipi di frantoi. Parametri progettuali e di funzionamento. La macinazione. Tipi di mulini. I mulini cilindrici a sfere e a barre: calcolo dell'energia assorbita, scelta dei corpi macinanti e dei rivestimenti. La macinazione nell'industria ceramica.

La concentrazione. Le principali metodologie di concentrazione. La preconcentrazione a mezzi densi (sink-float). Metodi gravimetrici: i crivelli e le tavole a scosse. La separazione magnetica ed elettrostatica. La flottazione: le basi teoriche chimico-fisiche. La tecnologia della flottazione, le macchine, gli impianti.

Il trattamento dei R.S.U. Gli impianti di preselezione. Macchine e impianti per il recupero e il riciclaggio.

Casi specifici di progettazione: schemi generali di un impianto completo di arricchimento, di un impianto di preparazione degli inerti, di un impianto di selezione dei rifiuti.

Esercitazioni

Il corso prevede esercitazioni, visite tecniche e seminari su argomenti specifici del programma.

Testi consigliati

Dispense del corso redatte dal docente.

INGEGNERIA E TECNOLOGIE DEI SISTEMI DI CONTROLLO LA **BO, cds: I**
Docente **Andrea Tilli** ric.

Finalità del Modulo

L'obiettivo del corso è illustrare i principali aspetti ingegneristici e tecnologici connessi con la realizzazione, a livello industriale, dei moderni sistemi di controllo e di automazione.

Gli argomenti trattati sono suddivisibili in due tematiche principali:
– architettura e componenti dei sistemi di controllo;
– software per il controllo e l'automazione.

Nell'ambito della prima tematica vengono brevemente discusse le architetture hardware dei sistemi di controllo mappando gli "schemi funzionali" visti nei moduli di Controlli Automatici in "schemi tecnologici". Successivamente, vengono presentate le principali classi di dispostivi utilizzati nella realizzazione di sistemi di controllo. Per ogni classe sono analizzati alcuni componenti, con particolare riferimento ad i criteri di scelta e dimensionamento in funzione dell'applicazione considerata.

Nella seconda tematica sono presentati i principali aspetti dell'implementazione su sistemi software di algoritmi di controllo e di gestione dell'automazione di processo. In dettaglio, viene introdotta la problematica di gestione delle diverse fasi di funzionamento di un sistema (automazione di processo) tramite lo standard IEC1131. Particolare attenzione è dedicata all'implementazione su PLC (Programmable Logic Controller) che costituisce uno standard-de-facto per l'automazione di processo. Tramite l'utilizzo di un opportuno CAD, sono presentati diversi esempi agli studenti ai quali viene, in seguito, richiesto di affrontare autonomamente un problema di automazione assegnato dal docente.

Propedeuticità

È indispensabile aver seguito i moduli di Controlli Automatici LA ed LB.

Programma

Generalità sull'architettura tecnologica di sistemi di controllo. Discretizzazione temporale di

algoritmi di controllo Equazione alle differenze, Trasformata Z, Stabilità, Metodi di discretizzazione. Trasduttori: definizione, classificazione (sensori e attuatori), caratterizzazione. Principali sensori per l'automazione: Posizione: potenziometro, resolver, encoder. Velocità: dinamo, resolver, encoder. Deformazione, pressione, forza: estensimetri. Temperatura: termocoppie, termoresistenze, termistori. Corrente elettrica: shunt resistivo, ad effetto Hall. Interfacciamento dei dispositivi di controllo con il processo: Multiplexers e Sample and Hold. Conversione analogico/digitale, digitale/analogica. Generalità sulle unità di elaborazione digitale per il controllo: Microcontrollori e DSP. PLC. PC industriali Software per il controllo e l'automazione. Cenni sui sistemi Real-Time per applicazioni di controllo. Gestione delle sequenze operative di macchine e impianti. Criteri generali di progettazione. Lo standard IEC-1131. La progettazione delle sequenza operative. Esempi. Illustrazione di un ambiente CAD per la progettazione. Presentazione dei temi su cui eseguire il progetto. Gli azionamenti Elettrici per l'Automazione Caratteristiche generali di un azionamento e tipologie dei motori elettrici e tecniche di controllo. Problematiche relative al controllo del moto. Scelta e dimensionamento di un azionamento.

Testi Consigliati

Materiale fornito dal docente.

BONFATTI, MONARI, SAMPIERI, *IEC 1131-3 Programming Methodology*, CJ International (per approfondimenti).

Modalità d'Esame

Esame scritto con domande sui temi del corso e 2 esercizi:
- il primo relativo a catena di interfacciamento.
- Il secondo relativo a scelta e dimensionamento di azionamenti elettrici

Presentazione orale del progetto di automazione.

Tesi di Laurea

Sono disponibili tesi di laurea con svolgimento presso il Laboratorio di Automazione e Robotica (LAR) del DEIS e/o presso laboratori di industrie.

INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE — BO, cds: R, C

Docente: **Maurizio Mancini** ric.

Acqua: Cicli e bilancio di acque naturali e reflue. Approvvigionamento industriale e domestico. Portate e caratteristiche di qualità di acque di rifiuto industriali e domestiche. Trattabilità ed obbiettivi in relazione agli usi. Piani di bacino per il risanamento di corpi idrici. Bilanci di massa ed energia nei processi di trattamento. Cinetica e biochimica di biomasse batteriche e algali adese o sospese. Localizzazione e progetto di impianti di trattamento per acque di scarico domestiche. Trattamento e smaltimento di fanghi di risulta. Rimozione biologica di azoto e fosforo. Tecniche di disinfezione delle acque. Sistemi naturali di trattamento o fissaggio. Sistemi di trattamento per piccole comunità. Controllo degli odori. Costi. Appalto e Capitolati. Rilascio di reflui e modellazione della qualità delle acque in fiumi, laghi, acque di transizione e costiere.

Rifiuti solidi: Caratteristiche qualitative e quantitative di rifiuti solidi urbani ed industriali. Produzione e gestione. Raccolta e smaltimento in discarica controllata. Previsione, drenaggio ed accumulo del percolato. Produzione ed utilizzo dei biogas. Trattamento delle componenti organiche attraverso compostaggio aerato o stabilizzazione anaerobica. Produzione di RDF. Incenerimento.

Inquinamento atmosferico: Metereologia ed inquinamento atmosferico. Emissioni inquinanti e chimismo dell'atmosfera. Emissioni industriali e da traffico veicolare. Cenni su modelli di dispersione in atmosfera. Limiti alle immissioni in atmosfera.

L'insegnamento prevede escursioni e visite didattiche presso impianti di trattamento e zone oggetto di bonifica o rinaturalizzazione.

INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE II **BO, cds: R**
Docenti: **Gianni Luigi Bragadin** prof. ord.

1) I nuovi insediamenti antropici.

Le varie tipologie, residenziale, turistica, industriale, viste alla luce della progettazione delle opere di urbanizzazione, in particolare fognature bianche e nere, reti gas ed acqua, polifore enel telecom.

Lettura dei prg, regolamenti edilizi e igiene.

Studio ambientale plano altimetrico ed individuazione dei ricettori e dei fornitori. Fognature bianche: aree a diversa permeabilità, piogge, progettazione dei tracciati e pendenze, scelta dei materiali, pozzetti, raccordi, caditoie. Calcolo delle portate, progetto esecutivo della rete, vasche di prima pioggia, stazioni di sollevamento. Vasche di laminazione.

Determinazione del numero di abitanti equivalenti. Individuazione dei fabbisogni.

Distribuzione acqua, gas, f.m., telefono, raccolta R.S.U.

Fognatura nera: determinazione delle portate medie e massime: progettazione dei tracciati e pendenze, scelta dei materiali, pozzetti, caditoie. Calcoli idraulici, progetto esecutivo della rete, stazioni di sollevamento.

Verifica delle reti planimetrica ed altimetrica.

2) Verifica della possibilità di immissione in impianti di trattamento esistenti.

Dimensionamento di impianto per piccole comunità.

L'*esame* è costituito da una prova orale preceduta dalla presentazione di un progetto redatto dallo studente utilizzando ACAD,Excel,Fortran.

Bibliografia obbligatoria

METCALF & EDDY, *Wastewater engineering treatment disposal reuse*, McGroow-Hill Book Company, Boston.
AA.VV, *Trattamento delle acque di rifiuto*, Istituto per l'ambiente, Milano.
IMHOFF & IMHOFF, *Manuale del trattamento delle acque di scarico*, Franco Angeli, Milano.

Esercitazioni

L'Insegnamento prevede una serie di esercitazioni, visite tecniche e conferenze sugli argomenti del programma.

INTERAZIONE FRA LE MACCHINE E L'AMBIENTE **BO, cds: R, M, G**
Docente: **Antonio Peretto** prof. staord.

I PARTE
1. Panorama energetico mondiale. Risorse di energia primaria e fabbisogno di energia fossile ed elettrica.
2. Fonti energetiche primarie e trasformazioni: energia solare, energia geotermica, energia nucleare, energia idraulica, energia dal mare, energia eolica.
3. Processi di generazione degli inquinanti. Inquinamento termico e chimico.
4. Unità di misura delle emissioni inquinanti. Concentrazione molare, concentrazione volumetrica, concentrazione massica, concentrazione riferita all'unità di energia.
5. Inquinamento chimico e termico dell'acqua
6. Inquinamento chimico e termico dell'aria. Cenni sulla struttura dell'atmosfera, gradiente adiabatico secco e reale. Inquinamento chimico dell'aria derivante da CO, Idrocarburi, NOX, SOX, Clorofluorocarburi e Idroclorofluorocarburi, Ozono, Particolato, Piombo.
7. Effetto della CO2 sull'ambiente. Effetto Serra (GWP e TEWI).
8. Modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera e classi di stabilità di Pasquill.

II PARTE
9. Combustione. Definizioni generali, limiti di infiammabilità, temperatura adiabatica di fiamma, classificazione dei processi di combustione (premiscelata, diffusiva, laminare, turbolenta, monofase, ecc.), esempi di bruciatori e sistemi di combustione.
10. Modelli di formazione degli inquinanti (articolato, CO, NOx, SOx) nella combustione.
11. Modellazione della combustione. Bilancio di massa, di quantità di moto, di energia. Discretizzazione nel caso di equazione del trasporto stazionaria monodimensionale.
12. Idrogeno. Proprietà fisiche, stoccaggio, trasporto, produzione.
12 Fuell cell. Caratteristiche, efficienza e termodinamica di una fuel cell, classificazione dei diversi tipi di fuel cell e cicli ibridi.
13. Alimentazione a carbone dei generatori di vapore (generatori a griglie, generatori a letti fluidi atmosferici, generatori a letti fluidi pressurizzati PFBC, generatori alimentati a polverino di carbone, generatori di vapore a ciclone), emissioni inquinanti e loro abbattimento in sede di combustione. Gassificazione del carbone, principali equazioni chimiche coinvolte, schemi di gassificatori e principali emissioni. I sistemi IGCC.
14. Alimentazione ad olio e per gas dei generatori di vapore ed emissioni inquinanti e loro abbattimento in sede di combustione.
15. Sistemi di abbattimento delle emissioni inquinanti nei gruppi a vapore: post- trattamento (SCR, SNCR, DeSOX, filtri a maniche, ed elettrofiltri, ecc.). Disposizione dei sistemi di abbattimento nell'impianto.

III PARTE
16. Introduzione allo studio delle emissioni inquinanti dei MCI. Richiami sulla tipolgia e sulle caratteristiche operative e di funzionamento dei MCI ad accensione comandata e Diesel.
17. I MCI ad accensione comandata. Caratteristiche del processo di miscelamento del combustibile con il comburente e sviluppo del processo di combustione: meccanismi di formazione dei composti inquinanti. Effetti delle condizioni operative sulle emissioni. Interventi sulla combustione e sui parametri operativi per contenere la formazione di emissioni inquinanti.
18. Sistemi di post-trattamento per i MCI ad accensione comandata. Catalizzatori ossidanti e riducenti, catalizzatori trivalenti. Caratteristiche costruttive, funzionamento, parametri che ne influenzano l'efficienza.

19. I MCI Diesel. Caratteristiche del processo di iniezione e sviluppo del processo di combustione (fase premiscelata e diffusiva). Meccanismi di formazione dei composti inquinanti. Effetti delle condizioni operative sulle emissioni.
Interventi sulla combustione sui parametri operativi per contenere la formazione di emissioni inquinanti.
20. Sistemi di post-trattamento per i MCI Diesel. Catalizzatori ossidanti e riducenti: problematiche connesse con la riduzione degli NOx in presenza di eccesso d'aria e soluzioni oggi proposte e/o realizzate. Trappole per particolato: caratteristiche costruttive ed operative; il problema della rigenerazione.

Testi adottati

Impatto ambientale dei sistemi energetici 1 – M. BIANCHI, A. GAMBAROTTA, A. PERETTO – Ed. Pitagora
Impatto ambientale dei sistemi energetici 2 – M. BIANCHI, A. GAMBAROTTA, A. PERETTO – Ed. Pitagora
Dispense a cura del Docente.

LABORATORIO COMPUTAZIONALE DI TERMOFUIDODINAMICA L **BO, cds: N**
Docente: **Eugenia Rossi di Schio** ric.

Il laboratorio intende fornire agli studenti una visione d'insieme dei principali metodi numerici di interesse nel settore della termofluidodinamica computazionale, con particolare riferimento all'utilizzo dei più diffusi programmi commerciali quali il FlexPDE (© PDESolutions Inc.) e il Fluent (© Fluent Inc.).

Saranno dapprima presentati i seguenti metodi numerici:

Metodi alle differenze finite per la soluzione delle equazioni di bilancio locale della quantità di moto e dell'energia; discretizzazione spaziale a una e a più dimensioni.

Metodi agli elementi finiti: metodo dei residui pesati e metodo di Galerkin.

Metodi ai volumi finiti.

Saranno poi proposte agli studenti alcune esercitazioni al calcolatore, da svolgere utilizzando i software commerciali. In queste esercitazioni saranno affrontati principalmente problemi di conduzione del calore, di fluidodinamica isoterma e di convezione del calore.

Bibliografia

Dispense fornite dal docente.
ARPACI, V.S., LARSEN, P.S., *Convection heat transfer*, Prentice-hall Inc., Englewood Cliffs, 1984.
Ulteriori riferimenti bibliografici saranno forniti dal docente durante il corso.

LABORATORIO DI DISEGNO CAD L **BO, cds: R**
Docente: **Alfredo Liverani** prof. ass.

1 - INTRODUZIONE
SUPPORTI E STRUMENTI TRADIZIONALI PER IL DISEGNO
Carte e unificazione dei formati, riproduzione dei disegni. Piegatura dei fogli. Scale di rap-

presentazione. Matite e mine. Righe e squadre. Compassi, curvilinei, mascherine. Riga parallela e tecnigrafo.

STRUMENTI INFORMATICI

Architettura di un sistema CAD (Computer Aided Design). Hardware: elaboratore, memoria dinamica (RAM), memoria di massa (hard disk), dischi flessibili, CD-ROM. Ingresso dati: tastiera, mouse, tavolette digitalizzatrici, scanner. Uscita dati: dispositivi di visualizzazione vettoriali e raster-scan, dispositivi hard-copy (plotters, stampanti ad aghi, a getto d'inchiostro, laser). Software: interfaccia con l'operatore, definizione ed elaborazione del modello, generazione delle immagini (rendering), gestione della base dati, applicazioni, utilità. Vantaggi e limiti del CAD.

GRAFICA RASTER E VETTORIALE

Cenni sulla grafica raster e vettoriale con particolare attenzione all'utilizzo nei sistemi CAD.

USO DI AUTOCAD

Le primitive grafiche, impostazioni iniziali del disegno, modalità di inserimento dei dati, modalità di selezione oggetti, comandi di modifica oggetti, le possibilità di visualizzazione, le modalità di supporto al puntamento, l'uso dei layer, l'uso dei blocchi, la quotatura di un disegno, testi, testatine e squadratura, le immagini raster, le campiture, l'uso dello spazio carta, i problemi riguardanti la stampa, le primitive grafiche semplici, le primitive grafiche complesse, l'uso dei blocchi, l'uso delle immagini raster, il disegno di un rilievo, i blocchi con attributi, l'uso di paper space.

2 - COSTRUZIONE GEOMETRICHE ELEMENTARI

Bisezione di un segmento, di un arco, di un angolo. Perpendicolare ad un segmento (ad una retta) da un punto assegnato: esterno, appartenente ad esso (centrale o di estremità). Parallela ad una retta assegnata (ad una distanza assegnata, per un punto esterno dato). Operazioni relative ad angoli. Trisezione dell'angolo retto e dell'angolo piatto. Divisione di un segmento in parti uguali. Tangenti ad una circonferenza da un punto esterno od appartenente. Circonferenza di raggio dato tangente ad una retta in un suo punto. Tangenti interne ed esterne a due circonferenze. Circonferenza per tre punti, raccordi di rette e circonferenze con archi di raggio assegnato. Poligoni regolari: triangolo, quadrato, pentagono, esagono e ottagono con lato assegnato o con circonferenza circoscritta. Costruzione di un poligono con un numero di lati qualunque noti il lato o la circonferenza circoscritta. Curve piane (ellisse, parabola, iperbole, ovale, ovolo, evolvente di circonferenza). Studio e raffronto dei sistemi di SNAPPING e OBJECT SNAPPING presenti nel sistema CAD.

3 - IL METODO DELLE PROIEZIONI ORTOGONALI

Rappresentazione mediante proiezione ortogonale su due piani ortogonali di punti, rette, piani. Condizioni di appartenenza di punto e retta, retta e piano, punto e piano. Condizioni di complanarità, incidenza e parallelismo tra rette; di parallelismo tra piani. Il terzo piano di proiezione: determinazione della terza proiezione di punti, rette, piani, curve. Proiezione ortogonale di figure piane e solidi. Criteri relativi alla individuazione ed alla rappresentazione delle linee in vista e non.

VERA FORMA DI SUPERFICI PIANE

Generalità. Metodo del ribaltamento. Ribaltamenti di punti, rette, segmenti, figure piane giacenti su piani perpendicolari ai piani di proiezione principali.

Primitive geometriche in MODEL SPACE e PAPER SPACE.

4 - PROIEZIONI ASSONOMETRICHE OBLIQUE, ORTOGONALI E PROSPETTICHE

Fattori di riduzione. Assonometria obliqua unificata (cavaliera; UNI 4819). Prospettiva parallela ortogonale o assonometria ortogonale. Assonometria isometrica unificata (UNI 4819). Rappresentazione in assonometria di superfici piane, prismi, piramidi; rappresentazioni esatte ed approssimate di circonferenze, curve e solidi di rivoluzione. Il concetto dell'omografia e della stereografia.

Uso di software CAD per il rilievo di scenari 3D, basandosi sull'omografia.

5 - SEZIONI

Scopo delle sezioni: piano ideale di sezione. Sezioni piane di prismi e piramidi. Sezioni dei solidi di rivoluzione (cilindro, cono, sfera, toro). Determinazione delle linee di contorno delle sezioni: metodo delle generatrici e metodo dei piani di sezione ausiliari. Solidi ricavati mediante piani di sezione (tronco di piramide, di cono, di cilindro obliquo, ecc...).

Impiego del PATTERN per l'ottenimento delle campiture nel sistema CAD.

COMPENETRAZIONI DI SOLIDI

Generalità. Compenetrazioni di prismi e piramidi. Impieghi particolari dei piani di sezione ausiliari. Determinazione della linea di intersezione relativa alla compenetrazione di solidi di rivoluzione: metodo delle generatrici, metodo dei piani di sezione ausiliari, metodo delle sfere ausiliarie.

6 - QUOTATURA

Criteri generali, linee di quotatura e riferimento, disposizione e lettura delle quote. Sistemi di quotatura (in serie, in parallelo, a quote sovrapposte, quotatura combinata, in coordinate, in coordinate polari). Convenzioni particolari di quotatura (solidi di rivoluzione, cerchi, superfici sferiche, quadri, smussi ed arrotondamenti, elementi regolarmente od irregolarmente disposti). Criteri di scelta degli elementi di riferimento e norme generali per una corretta quotatura.

Uso dei comandi di DIMENSION e loro impostazione per una corretta quotatura del disegno.

7 – PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DEI SISTEMI CAD 3D
SISTEMI DI COORDINATE E SISTEMI DI RIFERIMENTO

- Sistemi di coordinate:
  - Coordinate Cartesiane
  - Coordinate Cilindriche
  - Coordinate Sferiche o Polari
  - Coordinate Omogenee
- Sistemi di riferimento
  - locale
  - Globale
  - dell'osservatore
  - di vista

Rappresentazione a video di primitive grafiche e cenni sugli algoritmi classici.

UNITÀ GEOMETRICHE ELEMENTARI

Metodi di rappresentazione delle principali unità geometriche elementari.

TRASFORMAZIONI

- Traslazioni

- Rotazioni
- Trasformazioni di scala
- Simmetria e Riflessione

RENDERING E ANIMAZIONE
- Concetti fondamentali del rendering
- Tipi di illuminazione
- Modelli di riflessione. Lo Shading
  - Metodi di controllo dell'animazione
  - tradizionale
  - procedurale
  - di rappresentazione
  - casuale
  - di comportamento

8 – CURVE DI LIVELLO

Cenni sui principali sistemi di rappresentazione cartografica.

Simboli grafici usati nella cartografica. Rappresentazione del territorio mediante curve di livello. Normativa relativa. Profilo altimetrico e visualizzazione tridimensionale del terreno.

IMPORTANTE

Le esercitazioni richiederanno l'uso del calcolatore presso il laboratorio del DICMA (LADI – LAboratorio Didattico Informatico) in via Terracini 34 (o altrove previa opportuna comunicazione).

Si raccomanda gli allievi di dotarsi di almeno un paio di Floppy Disk per salvare gli elaborati.

Il programma CAD di cui si farà uso sarà AutoCAD. Le esercitazioni, salvo diversa indicazione, dovranno essere svolte con tale software.

Tutto il materiale didattico e le date delle verifiche finali saranno disponibili in rete al sito: http://diem1.ing.unibo.it/personale/liverani/teaching.htm.

Gli esercizi saranno settimanali e saranno suddivisi in esercizi svolti in aula con l'assistenza del docente ("assistito") e dei suoi collaboratori ed esercizi da eseguire autonomamente nel laboratorio stesso o con attrezzature proprie in altra sede ("autonomo").

Tutti gli esercizi, assistiti e autonomi, dovranno tassativamente essere consegnati in copia cartacea e digitale al termine del corso.

Libri di testo

Dispense del corso (disponibili al sito http://diem1.ing.unibo.it/personale/liverani/teaching.htm)
VERIFICA FINALE (per ottenere l'idoneità)
La prova si svolgerà presso il laboratorio CAD del Dipartimento (via Terracini - Lazzaretto) in due fasi che richiedono entrambe l'uso del calcolatore:
1. esecuzione di un semplice esercizio con Autocad;
2. risposta ad alcune domande di teoria (quiz).

LABORATORIO DI ANALISI NUMERICA **BO, cds: M**

Docente: **Fiorella Sgallari** prof. straord.

Scopo del corso

Il corso si propone di fornire le nozioni e gli strumenti di calcolo necessari per la soluzione

numerica di semplici problemi di ingegneria meccanica. Le lezioni saranno svolte in laboratorio e si utilizzerà il software MATLAB ed altri applicativi di interesse.

Programma del corso

- Introduzione all'ambiente MATLAB.
- Numeri finiti, errori di arrotondamento, condizionamento di un problema, stabilità numerica.
- Equazioni lineari. Metodi diretti: fattorizzazione LU di una matrice, il metodo di eliminazione di Gauss, strategie di pivoting, algoritmo di Cholesky. Metodi iterativi: Metodo di Jacobi, Gauss-Seidel, SOR. Matrici malcondizionate.
- Equazioni e sistemi non lineari. Metodo di bisezione, metodo di Newton, metodo delle corde, metodo di regula falsi.
- Equazioni differenziali ordinarie. Metodi ad un passo e più passi: metodo di Eulero, Runge-Kutta e Adams. Equazioni stiff.

Valutazione

Saranno svolti esercizi e progetti in laboratorio.

Testi di riferimento

Lucidi del corso (disponibili nella pagina web del docente).
Esercizi di laboratorio con soluzioni ed esempi svolti di progetti, a richiesta.
A.QUARTERONI, F. SALERI, *Introduzione al Calcolo Scientifico*, Springer-Verlag Milano, 2002.

LABORATORIO DI AUTOMAZIONE LA **BO, cds: U, I, L**

Docente: **Claudio Bonivento** prof. ord.

Finalità del Modulo

L'obiettivo principale del corso è di riprendere i concetti di controlli automatici acquisiti nei precedenti insegnamenti e illustrare le principali problematiche relative al progetto di sistemi di controllo tenendo conto sia di aspetti metodologici, sia di aspetti implementativi e tecnologici. Questo scopo viene perseguito attraverso l'illustrazione di un caso di studio significativo.

Propedeuticità

È indispensabile aver seguito il modulo di Controlli Automatici LA
È fortemente raccomandabile aver seguito il modulo di Controlli Automatici LB
È consigliabile aver seguito il modulo di Ingegneria e Tecnologie dei Sistemi di Controllo LA

Programma

Richiami riguardanti il progetto di sistemi di controllo automatici
Introduzione al controllo digitale:
– Perchè il controllo digitale;
– Teorema di Shannon, Trasformata Z;
– Discretizzazione dei controllori progettati nel tempo-continuo.
Progetto di un sistema di controllo d'esempio (azionamento elettrico)
– Controllo in cascata (separazione frequenziale);
– Azioni in avanti;
– Progetto delle traiettorie di riferimento;
– Problematiche di discretizzazione.

Presentazione e discussione di diversi problemi di progetto tra cui gli studenti dovranno scegliere un progetto da sviluppare

Testi Consigliati

Lucidi del corso, disponibili in rete.
I testi ed il materiale usato nei moduli di Controlli Automatici LA ed LB.
Sistemi di Controllo Digitale, C. BONIVENTO, C. MELCHIORRI e R. ZANASI, Progetto Leonardo, Esculapio Ed., Bologna, 1995/97/99.

Modalità d'Esame
Presentazione del progetto realizzato

LABORATORIO DI CALCOLO NUMERICO **BO, cds: Q**
Docente: **Fiorella Sgallari** prof. straord.

Scopo del corso
Il corso si propone di fornire le nozioni e gli strumenti di calcolo necessari per la soluzione numerica di semplici problemi di ingegneria chimica. Nel corso saranno utilizzati i software Microsoft Word, Microsoft Excel, ISIM, TKSolver.

Programma del corso
- Introduzione a Microsoft Word e Excel.
- Numeri finiti, errori di arrotondamento, condizionamento di un problema, stabilità numerica.
- Algoritmi di Gauss, Thomas, di Gauss-Seidel, Jacobi e SOR per la soluzione di sistemi lineari.
- Metodi di bisezione, corde, regula-falsi, Newton e Newton-Raphson per la soluzione di equazioni e sistemi non lineari con l'ausilio del software TKSolver.
- Interpolazione ed approssimazione di dati sperimentali (cenni).
- Derivazione ed integrazione (cenni).
- Metodi di Runge-Kutta per la soluzione di equazione differenziali ordinarie con l'ausilio del software ISIM.

Valutazione
Saranno svolti esercizi e progetti in laboratorio.

Testi di riferimento

Lucidi del corso (disponibili nella pagina web del docente).
Esercizi di laboratorio con soluzioni ed esempi svolti di progetti, a richiesta.

LABORATORIO DI AUTOMAZIONE LA **BO, cds: I, U, L**
Docente: **Claudio Bonivento** prof. ord.

Finalità del Modulo
L'obiettivo principale del corso è di illustrare le principali problematiche relative al progetto

di sistemi di controllo tenendo conto sia di aspetti metodologici, sia di aspetti implementativi e tecnologici.

Propedeuticità

È indispensabile aver seguito i moduli di Controlli Automatici LA ed LB

È consigliabile aver seguito il modulo di Ingegneria e Tecnologie dei Sistemi di Controllo LA

Programma

Richiami riguardanti il progetto di sistemi di controllo automatici.

Progetto di un sistema di controllo d'esempio.

Presentazione e discussione di diversi problemi di progetto tra cui gli studenti dovranno scegliere un progetto da sviluppare.

Testi Consigliati

I testi ed il materiale usato nei moduli di Controlli Automatici LA ed LB.

Modalità d'Esame

Presentazione del progetto realizzato

LABORATORIO DI CHIMICA **BO, cds: Q, V**

Docente: **Corrado Berti** prof. ord.

Il laboratorio didattico di chimica prevede una serie di esercitazioni pratiche, durante le quali agli studenti sarà insegnato come utilizzare le più comuni e semplici tecniche di laboratorio chimico, quali ad esempio:

- Tecniche per le analisi ponderali e volumetriche
- Tecniche cromatografiche
- Sintesi e purificazione di sostanze organiche

In particolare verranno proposte le seguenti esperienze:

- Analisi dei cationi per via secca e per via umida; analisi degli anioni per via umida
- Verifica della stechiometria di una reazione
- Titolazioni per precipitazione
- Titolazioni Redox
- Titolazioni acido-base
- Titolazioni complessometriche
- Preparativa organica: sintesi dell'acido benzoico e sintesi dell'aspirina
- Termochimica: determinazione del calore di reazione
- Separazioni e purificazione di prodotti tramite tecniche cromatografiche

Si prevede l'uso diretto da parte degli studenti di piccole apparecchiature quali: bilance, misuratori del punto di fusione e di ebollizione, strumenti per l'analisi volumetrica, colorimetri, pH-metri, evaporatori rotanti, ecc.

Obiettivo del laboratorio didattico è quello di fornire agli studenti esperienze dirette relative ad argomenti rilevanti trattati nel corso di Fondamenti di Chimica, di fornire le conoscenze minime necessarie per operare con sicurezza in un laboratorio chimico, ed inoltre fornire loro la capacità di condurre esperimenti e di analizzarne ed interpretarne i dati.

Testo consigliato:

M. CONSIGLIO, V. FRENNA, S. ORECCHIO, *Il laboratorio di Chimica*, EdiSES.

LABORATORIO DI ELETTRONICA DEI SISTEMI DIGITALI LS **BO, cds: L**

Docente: **Eleonora Franchi Scarselli** ric.

Finalità del corso

Il corso è idealmente integrato all'insegnamento di "Elettronica dei Sistemi Digitali", dove gli studenti apprenderanno le moderne tecnologie di progetto dei circuiti integrati in tecnologia CMOS. In particolare, il corso prevede che gli studenti svolgano il progetto di una macrocella funzionalmente completa affrontando il problema ai diversi livelli di astrazione di un sistema digitale. Le esercitazioni si svolgeranno nel Laboratorio LAB1 su WS SUN con software avanzato per la progettazione di Circuiti Integrati (OPUS Cadence, SYNOPYS). La tecnologia di riferimento è CMOS di ultima generazione, accessibile tramite il progetto europeo Europractice.

Programma

Caratterizzazione della tecnologia CMOS disponibile e analisi, attraverso simulazioni guidate, delle caratteristiche elettriche dei dispositivi attivi e degli effetti dei parassiti associati alle linee di interconnessione.

Flusso di progetto basato su macrocelle. Progetto e caratterizzazione di una libreria di celle.

Progetto di una macrocella di cui sono definite le specifiche funzionali: il progetto comporta la definizione dell'architettura e delle soluzioni circuitali, il disegno del layout e la caratterizzazione completa per l'impiego del modulo in un flusso di progetto basato su macrocelle (descrizione in linguaggio VHDL e descrizione per il programma di Place&Route).

Modalità di esame

Discussione dei progetti realizzati durante l'attività di laboratorio.

Testi

JAN M. RABAEY, ANANTHA P. CHANDRAKASAN, BORIVOJE NIKOLIC, *Digital Integrated Circuits, A design Perspective*, 2nd Edition Prentice Hall, (atteso per ottobre 2002).

Verranno distribuite guide semplificate per l'utilizzo degli strumenti di CAD e la consultazione del manuale di processo della tecnologia CMOS disponibile per l'attività di progetto.

LABORATORIO DI ELETTRONICA LA **BO, cds: L**

Docente: **Massimo Lanzoni** prof. ass.

Finalità

L'Insegnamento ha lo scopo di introdurre lo Studente alle problematiche della caratterizzazione sperimentale dei circuiti elettronici. Il corso verrà svolto principalmente in laboratorio al fine di permettere allo Studente l'uso degli strumenti di misura e la realizzazione effettiva dei circuiti d'interesse.

L'accento verrà posto sulla verifica sperimentale nonché sulla corretta interpretazione della letteratura tecnica. Le esperienze di laboratorio, tutte facilmente riproducibili grazie al ridotto numero di componenti integrati che dovranno essere usati, hanno lo scopo di verificare le caratteristiche elettriche dei componenti e di permettere allo Studente di operare una scelta applicativa del componente stesso, in vista della progettazione e della realizzazione di un sistema elettronico.

Programma

Dopo aver richiamato i concetti utili allo studio delle reti elettriche, sia in regime continuo che variabile, sono presentati i dispositivi discreti a stato solido, di cui si analizzano le caratteristiche elettriche in vista delle applicazioni più comuni.

- Misure elettroniche: unità ed errori di misura
- Funzionamento dei principali strumenti di misura
- Criteri di inserzione degli strumenti
- Caratterizzazione di circuiti passivi
- Circuiti lineari a componenti discreti
- Circuiti non lineari
- Amplificatori operazionali e relative applicazioni circuitali
- Circuiti digitali e MOS

LABORATORIO DI INFORMATICA L **BO, cds: M**

Docente: **Jorge E. Fernández** prof. ass.

Scopo del corso

Fornire uno strumento avanzato per la risoluzione di problemi con il calcolatore, utilizzando tecniche di analisi numerica e strumenti informatici avanzati quali la programmazione FORTRAN 90 e C++ con librerie grafiche esterne.

Programma:

Elementi di FORTRAN 90.

Cenni sull'utilizzo di una libreria grafica.

Cenni di tecniche di calcolo numerico: Operazioni su matrici. Soluzione di sistemi di equazioni lineari. Metodi diretti (di Gauss, di Gauss-Jordan, di fattorizzazione LU, di Cholesky). Metodi iterativi (di Gauss-Jacobi, di Gauss-Seidel). Interpolazione di Lagrange e approssimazione con il metodo dei Minimi Quadrati. Integrazione numerica di equazioni differenziali alle derivate ordinarie (ODE) del primo ordine, con condizioni iniziali (metodo di Eulero, Eulero modificato, Runge-Kutta).

Le lezioni vengono integrate con una serie di esercitazioni pratiche con il calcolatore.

Sito ufficiale del corso

Ulteriori informazioni e dispense on-line si possono trovare presso il sito: http://limecc.ing.unibo.it

Modalità di esame:

Per superare l'esame di Laboratorio di Informatica, il candidato deve presentare una tesina, la quale consiste nella risoluzione numerica e grafica di un problema pratico mediante l'utilizzo di tecniche di analisi numerica.

Testi obbligatori:

G. AGUZZI, M.G. GASPARO, M. MACCONI. *FORTRAN 77. Uno strumento per il calcolo scientifico.* Pitagora Editrice. Bologna.

Testi integrativi:

JAMES F. KERRIGAN. *Migrating to FORTRAN 90.* O'Railly and Associates Inc. (Sebastopol, 1993).

G. MONEGATO. *Fondamenti di Calcolo Numerico.* Levrotto e Bella. Torino.

W. PRESS, S.A. TEUKOLSKY, W.J. VETTERLING, B.P. FLANNERY. *Numerical Recipes in FORTRAN.* The Art of Scientific Computing. 2nd Ed. Cambridge University Press (Cambridge, 1992).

LABORATORIO DI INFORMATICA LA **BO, cds: I, T**

Docente: **Stefano Contadini** prof. inc.

Obiettivi:

– approfondire la conoscenza dei concetti e dei modelli alla base della programmazione di un sistema di calcolo;

– applicare tale conoscenza nell'analisi e nella realizzazione di applicazioni reali.

Dal linguaggio C al linguaggio C++.

Complementi di programmazione procedurale. Funzioni: prototipo di una funzione, passaggio di argomenti per riferimento, argomenti di *default*. Funzioni sovraccaricate (*overloading*): perché sovraccaricare il nome di una funzione, come sovraccaricare un nome di funzione, quando non sovraccaricare un nome di funzione, risoluzione del sovraccaricamento (cenni).

Progettazione basata sugli oggetti. Classi: definizione di una classe, attributi (dati membro), metodi (funzioni membro), accesso ai membri di una classe, oggetti (istanze) di una classe, il puntatore implicito *this*, costruttori e distruttori, operatori sovraccaricati e conversioni definite dall'utente.

Progettazione orientata agli oggetti. Ereditarietà e definizione di sottotipi: definizione di una gerarchia di classi, classe base, classi derivate, costruttori e distruttori (nel contesto della gerarchia), funzioni virtuali, funzioni virtuali pure, distruttori virtuali, polimorfismo. Ereditarietà multipla e virtuale (cenni). Ereditarietà pubblica, privata e protetta. Composizione di oggetti.

Progettazione generica rispetto ai tipi. *Template* di funzione e di classe: definizione di un *template*, istanziazione di un *template*, specializzazione di un *template*.

Progettazione basata sulle eccezioni. Gestione delle eccezioni: sollevare un'eccezione, intercettare un'eccezione.

Sviluppo di un programma: passi di sviluppo di un programma, ambienti e strumenti di programmazione. Esecuzione di un programma: ambiente di esecuzione di un programma, strumenti per il controllo dell'esecuzione di un programma.

Esercitazioni: linguaggio C, linguaggio C++.

Esame

Test con domande a scelta multipla. Prova parziale durante il corso, non obbligatoria.

Bibliografia

Fotocopie dei lucidi visti a lezione.

STANLEY B. LIPPMAN, JOSÉE LAJOIE, *C++ Corso di programmazione (Terza Edizione)*, Addison-Wesley – Gennaio 2000, pagg. 1209.

HARVEY M. DEITEL, PAUL J. DEITEL, *C++ Fondamenti di programmazione*, Apogeo – Marzo 2001, pagg. 670.

HARVEY M. DEITEL, PAUL J. DEITEL, *C++ Tecniche avanzate di programmazione*, Apogeo – Marzo 2001, pagg. 387.

LABORATORIO DI INFORMATICA LB **BO, cds: I**

Docente: **Giuseppe Bellavia** ric.

Programma

Obiettivi:

– approfondire i concetti, le metodologie e le tecnologie introdotte nel corso di "Ingegneria del software L-A".

Esame: da definire.

Bibliografia

Fotocopie dei lucidi visti a lezione.

M. FOWLER, *UML Distilled* (edizione italiana), Addison Wesley, Settembre 2000.

G. BOOCH, J. RUMBAUGH, I. JACOBSON, *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison Wesley, 1999.

S. BENNET, J. SKELTON, K. LUNN, *Introduzione a UML*, McGraw-Hill, 2002.

E. GAMMA, R. HELM, R. JOHNSON, J. VLISSIDES, *Design Patterns – Elements of Reusable Object-Oriented Software*, Addison Wesley, 1998.

M. FOWLER, *Refactoring – Improving the Design of Existing Code*, Addison Wesley, 1999.

LABORATORIO DI MATEMATICA COMPUTAZIONALE LA **BO, cds: T**

Docente: **Fiorella Sgallari** prof. straord.

Scopo del corso

Il corso si propone di fornire le nozioni e gli strumenti di calcolo necessari per la soluzione di problemi dell'ingegneria e della matematica applicata, con particolare attenzione all'elaborazione di immagini. Il corso prevede un'attività di laboratorio che ne costituisce parte integrante in cui si utilizzerà il software MATLAB ed altri applicativi.

Programma del corso

• Introduzione all'ambiente MATLAB. Grafici, gestione di più finestre grafiche, stampa di un grafico. Programmazione MATLAB, Script e Function, flussi di controllo.

• Numeri finiti, errori di arrotondamento, condizionamento di un problema, stabilità numerica.

• Introduzione ai metodi per la soluzione di sistemi di equazioni lineari e non lineari ed il calcolo della decomposizione a valori singolari.

• Interpolazione ed approssimazione di dati sperimentali. Approssimazione ai minimi quadrati. Trasformata rapida di Fourier.
• Elaborazione di immagini (compressione, denoising, rilevamento dei contorni, ecc..)

Valutazione

L'esame consiste in un progetto di laboratorio e relativa discussione orale.

Testi di riferimento

Introduzione a MATLAB e richiami sulle matrici. Lucidi del corso (disponibili nella pagina web del docente).

G. MONEGATO, *Fondamenti di Calcolo Numerico*. Ed. CLUT, 1998.

A. QUARTERONI, F. SALERI, *Introduzione al Calcolo Scientifico*, Springer-Verlag Milano, 2002.

LABORATORIO DI RADIOPROTEZIONE — BO, cds: N

Docente: **Domiziano Mostacci** prof. ass.

Verranno proposte diverse esercitazioni di natura radioprotezionistica, sia di natura strumentale, che di carattere periziale (come condurre sopralluoghi, stendere rapporti, e quant'altro). Le esercitazioni avranno lo scopo di familiarizzare lo studente con la pratica professionale della sorveglianza fisica di radioprotezione. Le principali esercitazioni strumentali proposte saranno:

1. *Caratterizzazione di un Geiger*: rilievo del pianerottolo, misura del tempo morto, correzione delle misure, statistica di conteggio.
2. *Misure con camera a ionizzazione*: taratura della camera, misure di rateo di dose per sorgente, per radioattività ambientale. Calcolo della dose presunta per varie modalità di presenza nell'area.
3. *Spettrometria gamma qualitativa*: calibrazione dei canali, riconoscimento dei picchi, sottrazione del fondo, riconoscimento dei radionuclidi a partire dallo spettro ottenuto.
4. *Spettrometria gamma quantitativa*: misura di attività presenti in campioni di terreno, vegetali, eventuali altre matrici. Valutazione della dose impegnata presunta (per ingestione) per varie modalità di presenza nell'area.
5. *Misura di contaminanti in aria (limitatamente a Radon e Thoron)*: riconoscimento dei contaminanti, misura dell'attività presente. Valutazione della dose impegnata presunta (per inalazione) per varie modalità di presenza nell'area.

Testi Adottati

M. ANTONY, *Nuclide Chart* 2002, Ela, Nancy, 2002 ela@ela-asso.com.

Testi Consigliati

W.R. LEO, *Techniques For Nuclear And Particle Physics Experiments*, Ed. Springer-Verlag, Heidelberg, 1987.

G.F. KNOLL, *Radiation Detection And Measurement*, Ed. John Wiley & Sons, 1999.

LABORATORIO DI RICERCA OPERATIVA LA **BO, cds: I, T, L**
Docente: **Andrea Lodi** ric.

Finalità del corso

La finalità del corso è di dare allo studente familiarità con strumenti software che utilizzano le tecniche proprie della Ricerca Operativa e possono quindi essere proficuamente impiegati nella risoluzione di problemi di pianificazione e ottimizzazione. L'enorme espansione della rete Internet avvenuta negli ultimi anni ha permesso una moltiplicazione del numero di tali strumenti che sono disponibili per liberi professionisti e aziende. Lo studente viene guidato nel processo di acquisizione, valutazione e utilizzo di software per la pianificazione e l'ottimizzazione.

Programma

– Simulazione a controllo dei processi
Introduzione alla Simulazione Numerica
Simulazione a controllo dei processi: concetti fondamentali ed esempi
Il software commerciale ARENA
Prove pratiche in Laboratorio
– Programmazione Lineare e Lineare Intera
Introduzione alla Programmazione Lineare e Lineare Intera
Programmazione Lineare e Lineare Intera: concetti ed esempi
Il software commerciale MPL
Prove pratiche in Laboratorio
– Casi applicativi:
• Problemi di Impaccamento in due dimensioni
• I problemi di Impaccamento in due dimensioni
• Impatto applicativo dei problemi di Impaccamento in due dimensioni
• Progettare un software di ottimizzazione: il problema, l'algoritmo e l'interfaccia
• Prove pratiche in Laboratorio
• Ottimizzazione su Grafo
• Introduzione alla Teoria dei Grafi
• Pianificazione dei Progetti e metodo del Cammino Critico
• Il software commerciale PlanBee
• Prove pratiche in Laboratorio

Modalità d'esame

Le prove pratiche di laboratorio di ciascuna delle tre parti del corso costituiscono la prova d'esame. Un'eventuale prova finale, sotto forma di tesina su una delle parti del corso, può essere necessaria come prova integrativa.

LABORATORIO DI STRUTTURE L **BO, cds: C**
Docente: **Giovanni Pascale** prof. ass.

L'insegnamento intende fornire agli allievi la padronanza di strumenti operativi per l'analisi e il controllo sperimentale delle strutture.

Sono possibili diversi percorsi formativi, da attuare in serie o in parallelo.

Primo percorso formativo

Analisi completa di un modello strutturale:

- analisi lineare con determinazione dei campi di tensione, deformazione e spostamento;
- analisi non lineare con previsione del carico ultimo;
- caratterizzazione dei materiali;
- predisposizione della prova e della strumentazione di misura;
- esecuzione della prova;
- elaborazione, analisi e valutazione dei risultati sperimentali;
- confronti e conclusioni.

LABORATORIO DI TECNOLOGIE DEI MATERIALI E APPLICAZIONI INDUSTRIALI DEI PLASMI L — BO, cds: N

Docente: **Vittorio Colombo** prof. straord.

Il corso si propone di introdurre gli studenti all'utilizzo degli strumenti computazionali e sperimentali utili alla simulazione, al progetto e alla gestione di processi assistiti da sorgenti di alta energia per la lavorazione e il trattamento di materiali innovativi e ad alto valore tecnologico aggiunto. La parte computazionale riguarda lo studio delle condizioni di scarica in plasmi termici induttivi per applicazioni industriali e la simulazione dei processi di taglio assistiti da laser di potenza. La parte sperimentale riguarda la pianificazione e la ottimizzazione di processi assistiti da plasma termico induttivo e da laser di potenza: studio delle condizioni operative della sorgente di plasma: tipologia del gas di processo; scelta dei flussi di gas di lavaggio, di plasma e di iniezione di particelle; strategie e modalità di accensione della scarica a pressione atmosferica; controllo del funzionamento della sorgente in termini di gestione della potenza in ingresso, valutazione della potenza riflessa, della potenza persa nel circuito di refrigerazione e della potenza utile per il trattamento in uscita alla sorgente; gestione delle informazioni tecniche e fisiche provenienti dalle consolle del generatore in radiofrequenza, della unità di controllo e della unità di refrigerazione; studio delle modalità di immissione di polveri metalliche e ceramiche tramite sistema di iniezione di caratteristiche industriali con feedback di monitoraggio; studio delle condizioni operative del laser di potenza: studio delle modalità di movimentazione dei provini con tavola a controllo numerico; gestione delle informazioni tecniche e fisiche provenienti dalle consolle del laser ad anidride carbonica; prove di taglio e saldatura di materiali metallici.

Dispense del docente.

LABORATORIO PROGETTUALE DI ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA I

Docenti: **Roberto Ballandi** prof. inc. — **BO, cds:D(A-K)**
Eugenio Ansaloni prof. inc. — **BO, cds: D(L-Z)**

Il percorso progettuale del laboratorio

Il Laboratorio è strettamente correlato con i Corsi di "Architettura e Composizione architettonica (N.O.)", "Teorie e Tecniche della progettazione architettonica (V.O.)" e "Composizione urbana(V.O.)" tenuti dalla Prof.ssa Arch. Luisella Gelsomino.

Il Laboratorio costituisce lo sviluppo operativo delle attività didattiche svolte con le Esercitazioni dei corsi suddetti.

L'obiettivo del Laboratorio è quello di giungere, attraverso un procedimento controllato e consapevole, alla definizione del progetto architettonico di un edificio.

La elaborazione progettuale richiesta riguarda la definizione di dettaglio dell'ambiente insediativo, dell'assetto e dell'organizzazione degli spazi esterni(sistema dei percorsi carrabili e pedonali, assetto del verde, ecc.), degli edifici (intesi come sistemi complessi costituiti da ambiti funzionali interrelati e composti da elementi tecnologici compatibili ed aggregabili), delle singole unità funzionali costituenti gli edifici e della verifica delle unità ambientali che le compongono e del loro modello di aggregazione.

Il Laboratorio opererà seguendo un programma definito per fasi corrispondenti allo sviluppo delle elaborazioni progettuali.

Le fasi di sviluppo del programma saranno svolte con modalità diverse in relazione ai contenuti progettuali; le modalità di attazione saranno riferite a fasi di progetto realizzate con l'apporto collettivo del gruppo ed a fasi di elaborazione individuale con la predisposizione di elaborati personali.

Le fasi e le modalità di attuazione del programma sono le seguenti:

FASE 1 ***Lavoro di gruppo***

Le attività si avviano con lo studio dell'assetto micro-urbanistico dell'area e si sviluppano attraverso:

- la individuazione di requisiti e prestazioni in relazione ai destinatari dell'oggetto progettato
- la individuazione dell'utente finale
- la ricerca bibliografica e il raffronto comparativo degli esempi reperiti
- la raccolta documentativa della normativa di riferimento
- la definizione del modello/i di riferimento tipologico aggregativo

FASE 2 ***Lavoro di gruppo***

Si attua con l'avvio delle elaborazioni di progetto.

Individuato un edificio tra quelli definiti con la fase di composizione micro-urbanistica si procede alla sua progettazione architettonica di dettaglio.

Il lavoro prevede lo studio e l'approfondimento di alcune delle possibili configurazioni planimetriche e volumetrico-compositive dell'edificio prescelto con individuazione:

- dei dati metrici e quantitativi prescritti
- dei vincoli all'edificazione
- delle situazioni geomorfologiche dell'area di intervento
- delle correlazioni con i sistemi tecnologici esterni
- della griglia geometrica di riferimento
- degli elementi invarianti(modularità)
- del sistema funzionale
- del sistema spaziale distributivo, strutturale, impiantistico
- delle regole distributive

FASE 3 ***Lavoro di gruppo***

Si avvia con la scelta della configurazione definitiva dell'edificio e la predisposizione del progetto esecutivo architettonico.

Il progetto deve essere descritto con elaborati grafici in scala adeguata per i dettagli necessari e da una relazione tecnica illustrativa delle condizioni poste e delle scelte operate.

I contenuti degli elaborati richiesti per la descrizione del progetto (da realizzarsi secondo tecniche appropriate) sono:

- individuazione del lotto di intervento e definizione del sedime dell'edificio
- pianta del piano terra con sistemazione di dettaglio delle aree esterne

- piante dei diversi livelli
- prospetti dei fronti
- sezioni significative
- abaco degli alloggi con quote ed arredo
- studio delle cromie
- rappresentazione assonometrica
- tabella descrittiva contenente i dati metrici
- relazione descrittiva del progetto contenente le argomentazioni utili alla sua illustrazione

A supporto delle scelte di progetto deve essere svolta una ricerca sulle tecniche ed i materiali utilizzati nella realizzazione del progetto; la ricerca deve essere documentata da una raccolta di pubblicistica tecnica di supporto.

FASE 4 *Lavoro individuale*

Scelto uno o piu alloggi tra quelli definiti dal progetto, deve essere eseguita una delle verifiche inerenti:

- il livello di arredabilità
- il grado di flessibilità interna
- il grado di flessibilità esterna in collegamento con gli alloggi limitrofi
- il livello di risposta alla normativa sull'abbattimento delle barriere architettoniche

Gli elaborati

Pur non imponendo una specifica modalità di rappresentazione dei lavori, si richiede di utilizzare formati e supporti codificati facilmente archiviabili.

Le modalità di rappresentazione dei diversi momenti del progetto sono ad esclusiva discrezione del redattore dello stesso; le modalità che saranno via via suggerite possono essere estese ed ampliate, a condizione che venga mantenuto il livello descrittivo e di dettaglio richiesto.

LABORATORIO PROGETTUALE DI TECNOLOGIE EDILIZIE — BO, cds: D

Docenti: **Paolo Colombo** (Modulo Tecnologia dei Materiali, collegato al corso di Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata)
Marco Alvise Bragadin prof. inc. (Modulo Organizzazione del Cantiere, collegato al corso di Organizzazione del Cantiere)

Il Laboratorio fornisce all'ingegnere edile/architetto gli strumenti metodologici essenziali per un corretto utilizzo delle tecnologie edilizie, con particolare riferimento all'impiego dei materiali nelle co-struzioni ed alla progettazione del cantiere.

Il Laboratorio si articola in due moduli: un primo di Tecnologia dei Materiali (I ciclo) ed un secondo di Organizzazione del Cantiere (II ciclo).

I due moduli costituiscono lo sviluppo progettuale delle tematiche affrontate rispettivamente nei corsi di Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata e di Organizzazione del Cantiere.

Nel modulo di Tecnologia dei Materiali gli studenti vengono guidati alla stesura di elaborati tecnici individuali a forte finalità applicativa, quali possono essere richiesti all'ingegnere edile/architetto in un qualunque Ufficio Tecnico, Studio di Progettazione, ecc.

I temi degli elaborati toccano aspetti di primaria rilevanza per un corretto impiego dei materiali nelle fasi di progettazione e costruzione del manufatto edilizio: prestazioni e criteri di scelta

dei materiali, normativa, problemi di sicurezza, igiene ed ecocompatibilità nell'impiego dei materiali, esposizione ambientale e durabilità, compatibilità dei materiali per il restauro architettonico/risanamento edilizio, ecc.

Sono previsti seminari in aula, prove sui materiali in laboratorio (per gruppi a numero limitato di studenti), visite di istruzione, esercitazioni pratiche sulla ricerca bibliografica e di normativa in rete, nonché revisioni di supporto alla stesura degli elaborati stessi.

Nel modulo di Organizzazione del cantiere vengono forniti gli strumenti essenziali per pianificare, programmare e progettare il cantiere.

A partire dalla riflessione sulle componenti del progetto e dalla sua analisi, si approfondisce il tema della strumentazione per l'organizzazione e la gestione del processo produttivo in cantiere.

Il metodo di lavoro ha l'obiettivo di consentire allo studente, a partire dai capisaldi teorici e di co-noscenza della pratica di cantiere forniti, di gestire la simulazione di una situazione reale, anche con l'ausilio di strumenti informatici. A tal fine i temi di lavoro saranno scelti per permettere allo studente di sperimentare metodi e strumenti proposti dal docente.

Il programma prevede sinteticamente:

1. Il riconoscimento del progetto (la WBS, il computo metrico, lo schema della produzione, le schede di procedimento)
2. L'applicazione delle tecniche reticolari (il CPM, il PDM, il PERT)
3. La progettazione del layout di cantiere.

Per ottenere l'idoneità nel Laboratorio Progettuale di Tecnologie Edilizie, occorre aver conseguito l'idoneità in entrambi i moduli. Per il rilascio dell'idoneità nel modulo di Tecnologia dei Materiali è necessaria la frequenza alle sessioni di lavoro del Laboratorio e la corretta esecuzione degli elaborati tecnici, secondo le modalità indicate dal docente. Per il rilascio dell'idoneità nel modulo di Or-ganizzazione del Cantiere è necessaria la frequenza alle sessioni di lavoro del laboratorio, la corretta esecuzione delle prove estemporanee programmate e la valutazione positiva, a fine corso, degli elaborati prodotti.

Riferimenti bibliografici

Norme Tecniche emanate dal Min. LL. PP. sui materiali da costruzione
Norma UNI EN 206
Regolamento Edilizio Tipo della Regione Emilia-Romagna

LACAVA M. SOLUSTRI C., "Progetto e sicurezza del cantiere", Nis, Roma, 1996.
PICONE M., "Tecnologia Della Produzione Edilizia", Utet, Torino, 1984.
AUTERI, U. DIBENNARDO, A. PASQUA, "Il cantiere edile: programmazione, gestione e contabilità, Roma, La nuova Italia scientifica, 1996.
R. AMATO, R. CHIAPPI, "Tecniche di project management: pianificazione e controllo dei progetti", Milano, Angeli, 2000.
FLORES A., CONTI M., "Manuale della sicurezza nel cantiere", Il Sole 24 Ore, Pirola, Milano, 1998.
GOTTFRIED A., TRANI M.L., "Il Coordinatore per la sicurezza nelle costruzioni in fase di progettazione ed esecuzione", Maggioli, Rimini, 1997.
COMANI, C., "La progettazione degli edifici per l'industria", Bordigiani, Bologna, 1981.
ZIGNOLI V., "Costruzioni edili", Utet, Torino, 1974.

LEGISLAZIONE DELLE OO.PP. E DELL'EDILIZIA **BO, cds: C, G**

Docente: **Alberto Cocchi** prof. inc.

Concetto e partizione del diritto
Le fonti del diritto
Posizioni giuridiche soggettive
I beni, concetto e partizione
- beni materiali e immateriali
- mobili, immobili e mobili registrati
- universalità di mobili e pertinenze
- beni pubblici

Diritti reali
- diritti reali di godimento e diritti di garanzia
- proprietà

Proprietà fondiaria
- estensione e limiti alla chiusura del fondo
- atti di emulazione ed immissioni
- distanze fra edifici e distanze di piante dai confini
- luci e vedute
- particolari presunzioni legali di proprietà
- rapporti con la regolamentazione edilizia
- consorzi di bonifica e vincolo idrogeologico: rapporti con la pianificazione territoriale
- azioni a tutela della proprietà fondiaria

Altri particolari diritti reali di godimento
- usufrutto
- superficie
- servitù

Particolari modi di acquisto della proprietà
- contratto
- accessione, accessione invertita, specificazione, unione, commistione
- possesso e usucapione

Imprenditore edile
- imprenditore individuale, consorzi e società
- i contratti di appalto e di prestazione d'opera
- responsabilità civile
- professionisti ausiliari

Sicurezza sul lavoro
- inquadramento giuridico generale
- obblighi e responsabilità del datore di lavoro e dei suoi ausiliari
- obblighi e responsabilità del lavoratore
- le fattispecie delittuose previste dal codice penale
- la disciplina generale di origine nazionale
- la disciplina generale di origine comunitaria
- la disciplina in materia di lavoro minorile e tutela della maternità
- la sicurezza nei cantieri edili
- obblighi e responsabilità del committente di opere e dei suoi ausiliari
- la sicurezza negli appalti di opere pubbliche, di servizi e forniture
- il procedimento sanzionatorio in materia antinfortunistica

Disciplina amministrativa della attività di trasformazione del territorio

inquadramento giuridico generale
pianificazione urbanistica programmatica generale
pianificazione di settore (in particolare vincolo idrogeologico ed tutela delle acque)
pianificazione attuativa
regolamenti edilizi
titoli abilitativi
procedimento amministrativo per il rilascio di titoli abilitativi
reati urbanistici
la tutela dei beni di interesse storico e artistico
provvedimenti ablatori
la tutela dell'ambiente e la procedura di V.I.A.

La disciplina delle opere pubbliche
inquadramento giuridico generale
amministrazioni aggiudicatrici ed enti equiparati
organismi di controllo
programmazione delle opere pubbliche
attività di progettazione di opere pubbliche
soggetti ammessi alle gare
requisiti di qualificazione
modalità di realizzazione delle opere pubbliche
modalità di selezione del contraente
promotore di opere pubbliche e società di progetto

Testi didattici e normativi consigliati:

M. BERNARDINI: "Appunti sull'attività edilizia tra proprietà e impresa" CLUEB 1999.
A. COCCHI: "Sicurezza sul lavoro" Ranieri Editore 2003.
A. MONACO: "Testo Unico e regolamenti edilizi" (inclusa appendice normativa)Esselibri-Simone 2002.
Codice Civile (edizione aggiornata a scelta)
Legge 109/1994 e successive modifiche e integrazioni;

LEGISLAZIONE DELLE OO.PP. E DELL'EDILIZIA L **BO, cds: C**
Docente: **Alberto Cocchi** prof. inc.

Concetto e partizione del diritto (cenni)
Le fonti del diritto (cenni)
I beni, concetto e partizione
mobili, immobili e mobili registrati
universalità di mobili e pertinenze
beni pubblici
Diritti reali
diritti reali di godimento e diritti di garanzia (cenni)
Proprietà fondiaria
contenuto del diritto
estensione e limiti alla chiusura del fondo (cenni)
atti di emulazione ed immissioni
distanze fra edifici e distanze di piante dai confini

luci e vedute
rapporti con la regolamentazione edilizia
consorzi di bonifica e vincolo idrogeologico (cenni)
azioni a tutela della proprietà fondiaria (cenni)
Servitù prediali
Particolari modi di acquisto della proprietà
contratto (cenni)
accessione e accessione invertita
possesso e usucapione
Imprenditore edile
imprenditore individuale, consorzi e società (cenni)
i contratti di appalto e di prestazione d'opera
responsabilità civile del costruttore
professionisti ausiliari
Sicurezza sul lavoro
inquadramento giuridico generale
obblighi e responsabilità del datore di lavoro e dei suoi ausiliari
obblighi e responsabilità del lavoratore
le fattispecie delittuose previste dal codice penale (cenni)
la disciplina generale di origine nazionale
la disciplina generale di origine comunitaria
la sicurezza nei cantieri edili
obblighi e responsabilità del committente di opere e dei suoi ausiliari
la sicurezza negli appalti di opere pubbliche, di servizi e forniture
il procedimento sanzionatorio in materia antinfortunistica (cenni)
Disciplina amministrativa della attività di trasformazione del territorio
inquadramento giuridico generale
pianificazione urbanistica programmatica generale
pianificazione attuativa
regolamenti edilizi
titoli abilitativi
procedimento amministrativo per il rilascio di titoli abilitativi
reati urbanistici (cenni)
la tutela dei beni di interesse storico e artistico (cenni)
provvedimenti ablatori
la tutela dell'ambiente e la procedura di V.I.A. (cenni)
La disciplina delle opere pubbliche
inquadramento giuridico generale
amministrazioni aggiudicatrici ed enti equiparati
organismi di controllo
programmazione delle opere pubbliche
attività di progettazione di opere pubbliche
soggetti ammessi alle gare
requisiti di qualificazione
modalità di realizzazione delle opere pubbliche
modalità di selezione del contraente
promotore di opere pubbliche e società di progetto

Testi didattici e normativi consigliati:

M. BERNARDINI: "Appunti sull'attività edilizia tra proprietà e impresa" CLUEB 1999.
A. COCCHI: "Sicurezza sul lavoro" Ranieri Editore 2003.
A. MONACO: "Testo Unico e regolamenti edilizi" (inclusa appendice normativa)Esselibri-Simone 2002.
Codice Civile (edizione aggiornata a scelta).
Legge 109/1994 e successive modifiche e integrazioni.

LEGISLAZIONE DELLE OPERE PUBBLICHE E DELL'EDILIZIA L

CE, cds: dud

Docente: **Maria Pia Panzera** prof. inc.

Atti amministrativi quali esercizio della funzione amministrativa da parte di una pubblica amministrazione.

Attività della pubblica amministrazione e contratto di appalto quale specie dei contratti amministrativi principi che presiedono all'attività amministrativa.

Nozione giuridica del contratto di appalto privato e pubblico, figura dell'appaltatore-imprenditore.

Contratti di appalto pubblici: lavori, servizi, forniture. Disciplina giuridica nazionale e comunitaria.

Formazione del contratto di appalto di lavori pubblici; programmazione e progettazione dei lavori, espropriazioni, deliberazione di contrattare, modi scelta del contraente, formazione del contratto.

Esecuzione del contratto di appalto di lavori pubblici: consegna dei lavori, direzione dei lavori, variazioni e addizioni all'opera, tempo di esecuzione, sospensione, ritardo nell'esecuzione, garanzie dell'esecuzione del contratto, pagamento del prezzo, collaudo dell'opera, responsabilità dell'appaltatore dopo l'approvazione del collaudo.

Contratto di subappalto: disciplina giuridica.

Organizzazione e gestione della sicurezza nei luoghi di lavoro e sicurezza nei cantieri temporanei.

Attività edilizia e sistema degli atti di controllo preventivo sulle costruzioni: concessione, autorizzazione, denuncia di inizio di attività.

Beni pubblici: beni demaniali e patrimoniali e loro regime giuridico.

LINGUAGGI E MODELLI COMPUTAZIONALI LS

BO, cds: I

Docente: **Enrico Denti** prof. ass.

Scopo dell'Insegnamento

- Fornire una descrizione ragionata sui concetti essenziali dei linguaggi di programmazione, correlandoli ai diversi modelli computazionali alla base dei diversi linguaggi e al problema del loro riconoscimento.
- Analizzare l'impatto dei diversi linguaggi e modelli sulla produzione del software.

Programma

Descrizione formale e implementazione dei linguaggi: grammatiche formali e loro proprietà,

classificazione di Chomsky. Relazione fra grammatiche e automi riconoscitori. Analisi lessicale e tecniche di analisi sintattica top-down e bottom-up per linguaggi regolari e context-free. Cenni sulla descrizione formale della semantica. Organizzazione e costruzione di interpreti e compilatori e relativi supporti a tempo di esecuzione: architettura ed esempi concreti in Java. Strumenti semi-automatici per la generazione di analizzatori lessicali e sintattici.

Introduzione agli stili di programmazione non imperativi: cenni al linguaggio Prolog come possibile caso di esempio di analisi lessicale, sintattica, e di costruzione di interpreti e compilatori in stile non imperativo. Grammatiche e linguaggi basati su XML e loro interpretazione via XSLT.

Esame

La prova d'esame consiste nello sviluppo e nella discussione di un progetto preventivamente concordato con il docente.

Bibliografia

Sono disponibili sul sito Web del corso dispense e appunti a cura del docente nelle quali è anche riportato un elenco di testi utili. Sono inoltre disponibili dispense in forma ipertestuale che trattano, in forma seminariale, argomenti specifici approfondibili dallo studente nell'ambito dei progetti mirati.

LOCALIZZAZIONE DEI SISTEMI ENERGETICI — BO, cds: N

Docente: **Paolo Vestrucci** ric.

L'Insegnamento si propone di fornire agli studenti gli elementi conoscitivi e le metodologie di base per affrontare il complesso tema della localizzazione dei sistemi per la produzione di energia elettrica, intendendo per localizzazione l'intero processo che va dalla pianificazione energetica, alla individuazione dei siti idonei da un punto di vista dell'ambiente e della sicurezza, alla gestione delle centrali secondo criteri di sostenibilità e qualità.

Programma

- La politica europea sull'ambiente e la sicurezza: i principi della sostenibilità.

Il sistema energetico: bilanci e previsioni dei consumi energetici; il processo di liberalizzazione in atto.

Il procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA).

Lo Studio di Impatto Ambientale (SIA).

La diffusione di inquinanti.

I Sistemi di Gestione Ambientale e il Regolamento "EMAS".

Aspetti di sicurezza: principi di analisi di rischio per le centrali nucleari.

Testi Consigliati

P.A. VESILIND, J.J. PEIRCE, R.F. WEINER, *Environmental Engineering*, Second Edition, Butterworths, 1988.

Quinto Programma d'azione ambientale "Per uno sviluppo durevole e sostenibile", Unione Europea (1992)

Regolamento (CEE) n. 1836/93 del Consiglio sull'adesione volontaria delle imprese del settore industriale a un sistema comunitario di ecogestione e audit; GU L 168 del 10.7.1993.

Appunti del docente.

LOGISTICA INDUSTRIALE

BO, cds: G

Docente: **Emilio Ferrari** prof. straord.

Finalità del corso

Questo corso tratta la gestione integrata del ciclo operativo dell'azienda, industriale o del terziario, attraverso le sue principali funzioni di gestione dei materiali (approvvigionamento delle materie prime e dei componenti), della produzione (progettazione prodotto, programmazione, fabbricazione, assemblaggio, controllo) e della distribuzione fisica dei prodotti finiti (movimentazione, stoccaggio, trasporto, imballo, ricezione e spedizione).

L'obiettivo è quello di fornire i criteri generali e i metodi quantitativi che presiedono alla scelta, alla progettazione e alla gestione di sistemi logistici, integrati e flessibili, capaci di realizzare l'integrazione dei flussi fisici e dei flussi informativi per garantire un elevato livello qualitativo dei prodotti e del servizio ai clienti, la riduzione del tempo di risposta e il contenimento dei costi di produzione, e di far fronte con adeguata flessibilità al cambiamento continuo della gamma produttiva, conseguente alla variabilità e alla personalizzazione delle richieste del consumatore.

Programma del corso

GENERALITÀ
Definizione della funzione logistica
Caratteristica del mercato odierno e ruolo della logistica
Principali classificazioni e richiami sugli impianti industriali

L'EVOLUZIONE DEI SISTEMI PRODUTTIVI
Il concetto di integrazione del sistema di produzione
Computer Integrated Manufacturing – CIM

IL BINOMIO PRODOTTO-IMBALLO E LE SCELTE LOGISTICHE
Innovazione e studio di prodotto
Il sistema prodotto-imballo
La funzioni e le principali tipologie di imballaggio
Il pallet e la gestione EUR-EPAL
Il problema dei rifiuti da imballaggio

I SISTEMI FLESSIBILI DI FABBRICAZIONE - FMS
Il concetto di Group Technology
I sistemi flessibili di fabbricazione (FMS) e i principali elementi costitutivi
La progettazione di un sistema FMS

I SISTEMI AUTOMATICI FLESSIBILI DI ASSEMBLAGGIO
Generalità sull'assemblaggio automatico
Concetti di Design for Assembling
Elementi costitutivi di una linea flessibile di assemblaggio (FAS)
Progettazione di una linea flessibile di assemblaggio automatico (FAS)

SISTEMI TRADIZIONALI DI TRASPORTO
Carrelli elevatori (transpallet, frontali, retrattili, bilateri,trilateri)
Trasportatori rigidi (a rulli, a tapparelle, aerei, pneumatici)

SISTEMI FLESSIBILI DI TRASPORTO A GUIDA AUTOMATICA – AGV
Caratteristiche e controllo computerizzato dei sistemi AGV
Principali sistemi di guida
Criteri di progettazione di un sistema di trasporto flessibile con carrelli AGV

SISTEMI MANUALI DI IMMAGAZZINAMENTO E STOCCAGGIO
La funzione dei magazzini, indici caratteristici
Modalità di immagazzinamento e tipologie di magazzini
Criteri di progettazione di un magazzino (giacenza e "attraversamento")
Automazione del flusso informativo nei sistemi di stoccaggio

MAGAZZINI INTENSIVI AUTOMATIZZATI
Magazzini serviti da trasloelevatori
Metodi per la valutazione dei tempi di ciclo del trasloelevatore

ELEMENTI DI LOGISTICA DISTRIBUTIVA
Flussi delle attività nella logistica distributiva
La modalità di trasporto come fattore competitivo
Intermodalità di trasporto
Scenari evolutivi del trasporto merci e della logistica

IL FLUSSO INFORMATIVO DI PRODUZIONE NELLA LOGISTICA INTEGRATA
La gestione del flusso informativo di produzione
Il processo di programmazione e controllo
La pianificazione dei fabbisogni dei materiali
I sistemi a fabbisogno: Material Requirement Planning – MRP e il Just in Time – JIT
I sistemi a scorta: modelli a quantità di riordino fissa e a tempo di riordino fisso

STRUMENTI AVANZATI PER LO STUDIO E LA PROGETTAZIONE DEI SISTEMI LOGISTICI
La teoria delle code
La simulazione numerica
La simulazione Monte Carlo

LA MANUTENZIONE E LA LOGISTICA DEI RICAMBI NEI SISTEMI PRODUTTIVI
La funzione manutenzione nell'ottica aziendale
La manutenzione migliorativa
Richiami di teoria dell'affidabilità
Il sistema informativo di manutenzione
La gestione dei ricambi
La Total Productive Maintenance - TPM

Esame: scritto e orale

Testo consigliato

A. Pareschi, E. Ferrari, A. Persona, A. Regattieri, *Logistica Integrata e Flessibile*, Ed.Esculapio, 2002

Altri testi di consultazione:

PARESCHI A., *Impianti industriali*, Progetto Leonardo, Società Editrice Esculapio, Bologna, 1994.
LAMBERT D, STOCK J., *Strategic Logistics Management*, McGraw-Hill, 2001.
LOUIS R., *Integrating Kanban With Mrp II: Automating a Pull System for Enhanced Jit Inventory Management*, Productivity Press, Portland, 2001.
BOARIO M., DE MARTINI M., DI MEO E., GROS-PIETRO G.M., *Manuale di Logistica*, UTET, Torino, 1992, Voll. 1-2-3.
GRANDO A., *Logistica e produzione*, UTET, Milano, 1996.
MONTE A., *Elementi di impianti industriali*, ed. Libreria Cortina, Torino, 1982.
CARON F., MARCHET G., WEGNER R., *Impianti di movimentazione e stoccaggio dei materiali - criteri di progettazione*, Hoepli, 1997.
TURCO F., *Principi generali di progettazione degli impianti industriali*, C.L.U.P., Milano, 1978.
HERAGU S., *Facilities Design*, Ed. PWS, Boston, 1997.
BRANDOLESE A., POZZETTI A., SIANESI A., *Gestione della produzione industriale*, Hoepli, Milano, 1991.
DEL MAR D., *Operations and industrial management*, McGraw-Hill, 1985.
TERSINE R.J., *Production/operations management*, North Holland, New York, 1985.
MORTIMER J., *Logistics in manufacturing*, Ed. IFS Ltd, UK/Springer Verlag, 1988.
FERROZZI C., SHAPIRO R.D., HESKETT J.L., *Logistica e strategia*, 1-2, ISEDI, 1993, Torino.
BOWERSOX D.J., *Logistica, strategia e integrazione in azienda*, Tecniche Nuove, 1989, Milano.
HOLLIER R.H., *Automated guided vehicle systems*, IFS Ltd., Bedford (UK), 1987.
HALL R., *Obiettivo: scorte zero*, Ed. ISEDI, Milano 1986.
MONDEN Y., *Produzione Just-in-time*, Ed. ISEDI, Milano, 1986.

LOGISTICA INDUSTRIALE L — BO, cds: M

Docente: **Alberto Regattieri** prof. ass.

Finalità del corso

Il corso tratta la gestione integrata del ciclo operativo dell'azienda (industriale o del terziario) attraverso le sue principali funzioni, in particolare la gestione dei materiali in ingresso (dai fornitori) ed in uscita (verso i clienti) dallo stabilimento e la gestione della produzione interna allo stesso. L'obiettivo è quello di fornire i criteri generali ed i metodi quantitativi che presiedono alla scelta, alla progettazione e alla gestione di sistemi logistici, integrati e flessibili, capaci di realizzare l'integrazione dei flussi fisici e dei flussi informativi per garantire un elevato livello qualitativo dei prodotti e del servizio ai clienti, la riduzione del tempo di risposta e il contenimento dei costi di produzione, e di far fronte con adeguata flessibilità al cambiamento continuo della gamma produttiva, conseguente alla variabilità e alla personalizzazione delle richieste del consumatore.

Programma del corso

GENERALITÀ
Definizione della funzione logistica
Caratteristica del mercato odierno e ruolo della logistica
Principali classificazioni e richiami sugli impianti industriali

L'EVOLUZIONE DEI SISTEMI PRODUTTIVI
Il concetto di integrazione del sistema di produzione
Computer Integrated Manufacturing – CIM

INNOVAZIONE DI PRODOTTO, CONFEZIONAMENTO E RICADUTE LOGISTICHE
Il sistema prodotto-imballo
Le funzioni e le principali tipologie di imballaggio
Il pallet e la gestione EUR-EPAL

I SISTEMI FLESSIBILI DI FABBRICAZIONE - FMS
Il concetto di Group Technology
I sistemi flessibili di fabbricazione (FMS) ed i principali elementi costitutivi

I MEZZI LOGISTICI NEI SISTEMI FLESSIBILI DI ASSEMBLAGGIO AUTOMATICO
Generalità sull'assemblaggio automatico
Concetti di Design for Assembling
Elementi costitutivi di una linea flessibile di assemblaggio (FAS)

SISTEMI TRADIZIONALI DI TRASPORTO
Carrelli elevatori (transpallet, frontali, retrattili, bilateri,trilateri)
Trasportatori rigidi (a rulli, a tapparelle, aerei, pneumatici)

SISTEMI FLESSIBILI DI TRASPORTO A GUIDA AUTOMATICA – AGV
Caratteristiche e controllo computerizzato dei sistemi AGV
Principali sistemi di guida

SISTEMI MANUALI DI IMMAGAZZINAMENTO E STOCCAGGIO
La funzione dei magazzini, indici caratteristici
Modalità di immagazzinamento e tipologie di magazzini

MAGAZZINI INTENSIVI AUTOMATIZZATI
Magazzini serviti da trasloelevatori: funzioni e caratteristiche

ELEMENTI DI LOGISTICA DISTRIBUTIVA
Flussi delle attività nella logistica distributiva
La modalità di trasporto come fattore competitivo
Intermodalità di trasporto
Scenari evolutivi del trasporto merci e della logistica

IL FLUSSO INFORMATIVO DI PRODUZIONE NELLA LOGISTICA INTEGRATA
La gestione del flusso informativo di produzione
Il processo di programmazione e controllo
La pianificazione dei fabbisogni dei materiali
I sistemi a fabbisogno: Material Requirement Planning (MRP) ed il Just in Time (JIT)
I sistemi a scorta: modelli a quantità di riordino fissa ed a tempo di riordino fisso

LA MANUTENZIONE NEI SISTEMI PRODUTTIVI
La funzione manutenzione nell'ottica aziendale
La manutenzione migliorativa e le differenti politiche manutentive

Esame: scritto e orale

Testo consigliato

A. Pareschi, E. Ferrari, A. Persona, A. Regattieri, "Logistica Integrata e Flessibile", Ed. Esculapio, 2002.

Altri testi di consultazione:

Pareschi A., "Impianti industriali", Progetto Leonardo, Società Editrice Esculapio, Bologna, 1994.
Lambert D, Stock J., "Strategic Logistics Management", McGraw-Hill, 2001.
Louis R., "Integrating Kanban With Mrp II: Automating a Pull System for Enhanced Jit Inventory Management" Productivity Press, Portland, 2001.
Boario M., De Martini M., Di Meo E., Gros-Pietro G.M., "Manuale di Logistica", UTET, Torino, 1992, Voll. 1-2-3.
Grando A., "Logistica e produzione", UTET, Milano, 1996.
Monte A., "Elementi di impianti industriali", ed. Libreria Cortina, Torino, 1994.
Caron F., Marchet G., Wegner R., "Impianti di movimentazione e stoccaggio dei materiali - criteri di progettazione", Hoepli, 1997.
Turco F., "Principi generali di progettazione degli impianti industriali, C.L.U.P., Milano, 1978.
Heragu S., "Facilities Design", Ed. PWS, Boston, 1997.
Brandolese A., Pozzetti A., Sianesi A., "Gestione della produzione industriale", Hoepli, Milano, 1991.
Del Mar D., "Operations and industrial management", McGraw-Hill, 1985.
Tersine R.J., Production/operations management, North Holland, New York, 1985.
Mortimer J., Logistics in manufacturing, Ed. IFS Ltd, UK/Springer Verlag, 1988.
Ferrozzi C., Shapiro R.D., Heskett J.L., "Logistica e strategia", 1-2, ISEDI, 1993, Torino.
Bowersox D.J., "Logistica, strategia e integrazione in azienda", Tecniche Nuove,1989, Milano.
Hollier R.H., "Automated guided vehicle systems, IFS Ltd., Bedford (UK), 1987.
Hall R., Obiettivo: scorte zero, Ed. ISEDI, Milano 1986.
Monden Y., Produzione Just-in-time, Ed. ISEDI, Milano, 1986.

LOGISTICA INDUSTRIALE LB

BO, cds: P, G

Docente: **Alberto Regattieri** prof. ass.

Finalità del corso

Questo corso, unitamente all'insegnamento di logistica industriale L-A, tratta la gestione integrata del ciclo operativo dell'azienda, industriale o del terziario, attraverso le sue principali funzioni di gestione dei materiali (approvvigionamento delle materie prime e dei componenti), della produzione (progettazione prodotto, programmazione, fabbricazione, assemblaggio, controllo) e della distribuzione fisica dei prodotti finiti (movimentazione, stoccaggio, trasporto, imballo, ricezione e spedizione).

L'obiettivo è quello di fornire i criteri generali e i metodi quantitativi che presiedono alla scelta, alla progettazione e alla gestione di sistemi logistici, integrati e flessibili, capaci di realizzare l'integrazione dei flussi fisici e dei flussi informativi per garantire un elevato livello qualitativo dei prodotti e del servizio ai clienti, la riduzione del tempo di risposta e il contenimento dei costi di produzione, e di far fronte con adeguata flessibilità al cambiamento continuo della gamma produttiva, conseguente alla variabilità e alla personalizzazione delle richieste del consumatore.

Programma del corso

SISTEMI MANUALI DI IMMAGAZZINAMENTO E STOCCAGGIO
La funzione dei magazzini, indici caratteristici
Modalità di immagazzinamento e tipologie di magazzini
Criteri di progettazione di un magazzino (giacenza e "attraversamento")
Automazione del flusso informativo nei sistemi di stoccaggio

MAGAZZINI INTENSIVI AUTOMATIZZATI
Magazzini serviti da trasloelevatori
Metodi per la valutazione dei tempi di ciclo del trasloelevatore

ELEMENTI DI LOGISTICA DISTRIBUTIVA
Flussi delle attività nella logistica distributiva
La modalità di trasporto come fattore competitivo
Intermodalità di trasporto
Scenari evolutivi del trasporto merci e della logistica

IL FLUSSO INFORMATIVO DI PRODUZIONE NELLA LOGISTICA INTEGRATA
La gestione del flusso informativo di produzione
Il processo di programmazione e controllo
La pianificazione dei fabbisogni dei materiali
I sistemi a fabbisogno: Material Requirement Planning – MRP e il Just in Time – JIT
I sistemi a scorta: modelli a quantità di riordino fissa e a tempo di riordino fisso

STRUMENTI AVANZATI PER LO STUDIO E LA PROGETTAZIONE DEI SISTEMI LOGISTICI
La teoria delle code
La simulazione numerica
La simulazione Monte Carlo

LA MANUTENZIONE E LA LOGISTICA DEI RICAMBI NEI SISTEMI PRODUTTIVI
La funzione manutenzione nell'ottica aziendale
La manutenzione migliorativa
Richiami di teoria dell'affidabilità
Il sistema informativo di manutenzione
La gestione dei ricambi
La Total Productive Maintenance - TPM

Esame: scritto e orale

Testo consigliato:

PARESCHI A., FERRARI E., PERSONA A., REGATTIERI A., "Logistica Integrata e Flessibile", Ed.Esculapio, 2002.

Altri testi di utile consultazione:

PARESCHI A., "Impianti industriali", Progetto Leonardo, Società Editrice Esculapio, Bologna, 1994.

LAMBERT D, STOCK J., "Strategic Logistics Management", McGraw-Hill, 2001.
LOUIS R., "Integrating Kanban With Mrp II: Automating a Pull System for Enhanced Jit Inventory Management" Productivity Press, Portland, 2001.
BOARIO M., DE MARTINI M., DI MEO E., GROS-PIETRO G.M., "Manuale di Logistica", UTET, Torino, 1992, Voll. 1-2-3.
GRANDO A., "Logistica e produzione", UTET, Milano, 1996.
MONTE A., "Elementi di impianti industriali", ed. Libreria Cortina, Torino, 1994.
CARON F., MARCHET G., WEGNER R., "Impianti di movimentazione e stoccaggio dei materiali - criteri di progettazione", Hoepli, 1997.
TURCO F., "Principi generali di progettazione degli impianti industriali, C.L.U.P., Milano, 1978.
HERAGU S., "Facilities Design", Ed. PWS, Boston, 1997.
BRANDOLESE A., POZZETTI A., SIANESI A., "Gestione della produzione industriale", Hoepli, Milano, 1991.
DEL MAR D., "Operations and industrial management", McGraw-Hill, 1985.
TERSINE R.J., Production/operations management, North Holland, New York, 1985.
MORTIMER J., Logistics in manufacturing, Ed. IFS Ltd, UK/Springer Verlag, 1988.
FERROZZI C., SHAPIRO R.D., HESKETT J.L., "Logistica e strategia", 1-2, ISEDI, 1993, Torino.
BOWERSOX D.J., "Logistica, strategia e integrazione in azienda", Tecniche Nuove,1989, Milano.
HOLLIER R.H., "Automated guided vehicle systems, IFS Ltd., Bedford (UK), 1987.
HALL R., Obiettivo: scorte zero, Ed. ISEDI, Milano 1986.
MONDEN Y., Produzione Just-in-time, Ed. ISEDI, Milano, 1986.

LOGISTICA INDUSTRIALE LA

BO, CdS: G

Docente: **Emilio Ferrari** prof. straord.

Finalità del corso

Il corso, unitamente al modulo di Logistica industriale L-B, tratta la gestione integrata del ciclo operativo dell'azienda, industriale o del terziario, attraverso le sue principali funzioni di gestione dei materiali (approvvigionamento delle materie prime e dei componenti), della produzione (progettazione prodotto, programmazione, fabbricazione, assemblaggio, controllo) e della distribuzione fisica dei prodotti finiti (movimentazione, stoccaggio, trasporto, imballo, ricezione e spedizione). L'obiettivo è quello di fornire i criteri generali e i metodi quantitativi che presiedono alla scelta, alla progettazione e alla gestione di sistemi logistici, integrati e flessibili, capaci di realizzare l'integrazione dei flussi fisici e dei flussi informativi per garantire un elevato livello qualitativo dei prodotti e del servizio ai clienti, la riduzione del tempo di risposta e il contenimento dei costi di produzione, e di far fronte con adeguata flessibilità al cambiamento continuo della gamma produttiva, conseguente alla variabilità e alla personalizzazione delle richieste del consumatore.

Programma del corso

GENERALITÀ

Definizione della funzione logistica. Caratteristica del mercato odierno e ruolo della logistica. Principali classificazioni e richiami sugli impianti industriali.

L'EVOLUZIONE DEI SISTEMI PRODUTTIVI

Il concetto di integrazione del sistema di produzione. Computer Integrated Manufacturing - CIM.

IL BINOMIO PRODOTTO-IMBALLO E LE SCELTE LOGISTICHE

Innovazione e studio di prodotto. Il sistema prodotto-imballo. Le funzioni e le principali tipologie di imballaggio. Il pallet e la gestione EUR-EPAL. La logistica inversa dei rifiuti da imballaggio.

I SISTEMI FLESSIBILI DI FABBRICAZIONE – FMS.
Il concetto di Group Technology. I sistemi flessibili di fabbricazione (FMS) e i principali elementi costitutivi. La progettazione di un sistema FMS.
I SISTEMI AUTOMATICI FLESSIBILI DI ASSEMBLAGGIO
Generalità sull'assemblaggio automatico. Concetti di Design for Assembling. Elementi costitutivi di una linea flessibile di assemblaggio (FAS). Progettazione di una linea flessibile di assemblaggio automatico (FAS).
SISTEMI TRADIZIONALI DI TRASPORTO
Carrelli elevatori (transpallet, frontali, retrattili, bilateri,trilateri). Trasportatori rigidi (a rulli, a tapparelle, aerei, pneumatici).
SISTEMI FLESSIBILI DI TRASPORTO A GUIDA AUTOMATICA – AGV
Caratteristiche e controllo computerizzato dei sistemi AGV. Principali sistemi di guida. Criteri di progettazione di un sistema di trasporto flessibile con carrelli AGV.

Esame: scritto e orale

Testo consigliato:

A. Pareschi, E. Ferrari, A. Persona, A. Regattieri, "Logistica Integrata e Flessibile", Ed.Esculapio, 2002.

Testi di utile consultazione:

Pareschi A., "Impianti industriali", Progetto Leonardo, Società Editrice Esculapio, Bologna, 1994.
Lambert D, Stock J., "Strategic Logistics Management", McGraw-Hill, 2001.
Louis R., "Integrating Kanban With Mrp II: Automating a Pull System for Enhanced Jit Inventory Management" Productivity Press, Portland, 2001.
Boario M., De Martini M., Di Meo E., Gros-Pietro G.M., "Manuale di Logistica", UTET, Torino, 1992, Voll. 1-2-3.
Grando A., "Logistica e produzione", UTET, Milano, 1996.
Monte A., "Elementi di impianti industriali", ed. Libreria Cortina, Torino, 1982.
Caron F., Marchet G., Wegner R., "Impianti di movimentazione e stoccaggio dei materiali – criteri di progettazione", Hoepli, 1997.
Turco F., "Principi generali di progettazione degli impianti industriali, C.L.U.P., Milano, 1978.
Heragu S., "Facilities Design", Ed. PWS, Boston, 1997.
Brandolese A., Pozzetti A., Sianesi A., "Gestione della produzione industriale", Hoepli, Milano, 1991.
Del Mar D., "Operations and industrial management", McGraw-Hill, 1985.
Tersine R.J., Production/operations management, North Holland, New York, 1985.
Mortimer J., Logistics in manufacturing, Ed. IFS Ltd, UK/Springer Verlag, 1988.
Ferrozzi C., Shapiro R.D., Heskett J.L., "Logistica e strategia", 1-2, ISEDI, 1993, Torino.
Bowersox D.J., "Logistica, strategia e integrazione in azienda", Tecniche Nuove,1989, Milano.
Hollier R.H., "Automated guided vehicle systems, IFS Ltd., Bedford (UK), 1987.
Hall R., Obiettivo: scorte zero, Ed. ISEDI, Milano 1986.
Monden Y., Produzione Just-in-time, Ed. ISEDI, Milano, 1986.

LOGISTICA INDUSTRIALE LA **BO, CdS: P**
Docente: **Arrigo Pareschi** prof. ord

Finalità del corso

Il corso, unitamente al successivo insegnamento di Logistica Industriale L-B, tratta la gestione integrata del ciclo operativo dell'azienda, industriale o del terziario, attraverso le sue principali funzioni di gestione dei materiali (approvvigionamento delle materie prime e dei componenti), della produzione (progettazione prodotto, programmazione, fabbricazione, assemblaggio, controllo) e della distribuzione fisica dei prodotti finiti (movimentazione, stoccaggio, trasporto, imballo, ricezione e spedizione).

L'obiettivo è quello di fornire i criteri generali e i metodi quantitativi che presiedono alla scelta, alla progettazione e alla gestione di sistemi logistici, integrati e flessibili, capaci di realizzare l'integrazione dei flussi fisici e dei flussi informativi per garantire un elevato livello qualitativo dei prodotti e del servizio ai clienti, la riduzione del tempo di risposta e il contenimento dei costi di produzione, e di far fronte con adeguata flessibilità al cambiamento continuo della gamma produttiva, conseguente alla variabilità e alla personalizzazione delle richieste del consumatore.

Programma del corso

GENERALITÀ
Definizione della funzione logistica
Caratteristica del mercato odierno e ruolo della logistica
Principali classificazioni e richiami sugli impianti industriali

L'EVOLUZIONE DEI SISTEMI PRODUTTIVI
Il concetto di integrazione del sistema di produzione
Computer Integrated Manufacturing – CIM

INNOVAZIONE DI PRODOTTO, CONFEZIONAMENTO E RICADUTE LOGISTICHE
Innovazione e studio di prodotto
Il sistema prodotto-imballo
La funzioni e le principali tipologie di imballaggio
Il pallet e la gestione EUR-EPAL
Il problema dei rifiuti da imballaggio

IMPATTO DEL LAYOUT SULLE SCELTE LOGISTICHE
Analisi dei prodotti e delle quantità: tipologie di layout e scelte logistiche

I SISTEMI FLESSIBILI DI FABBRICAZIONE - FMS
Il concetto di Group Technology
I sistemi flessibili di fabbricazione (FMS) e i principali elementi costitutivi
La progettazione di un sistema FMS

MEZZI LOGISTICI NEI SISTEMI FLESSIBILI DI ASSEMBLAGGIO AUTOMATICO
Generalità sull'assemblaggio automatico
Concetti di Design for Assembling
Elementi costitutivi di una linea flessibile di assemblaggio (FAS)
Progettazione di una linea flessibile di assemblaggio automatico (FAS)

SISTEMI TRADIZIONALI DI TRASPORTO
Carrelli elevatori (transpallet, frontali, retrattili, bilateri,trilateri)
Trasportatori rigidi (a rulli, a tapparelle, aerei, pneumatici)

SISTEMI FLESSIBILI DI TRASPORTO A GUIDA AUTOMATICA – AGV
Caratteristiche e controllo computerizzato dei sistemi AGV
Principali sistemi di guida
Criteri di progettazione di un sistema di trasporto flessibile con carrelli AGV

Esame: prova scritta e orale

Testo consigliato

A. PARESCHI, E. FERRARI, A. PERSONA, A. REGATTIERI, "Logistica Integrata e Flessibile", Ed.Esculapio, 2002

Altri testi di utile consultazione:

PARESCHI A., "Impianti industriali", Progetto Leonardo, Società Editrice Esculapio, Bologna, 1994.
LAMBERT D, STOCK J., "Strategic Logistics Management", McGraw-Hill, 2001
LOUIS R., "Integrating Kanban With Mrp II: Automating a Pull System for Enhanced Jit Inventory Management" Productivity Press, Portland, 2001.
BOARIO M., DE MARTINI M., DI MEO E., GROS-PIETRO G.M., "Manuale di Logistica", UTET, Torino, 1992, Voll. 1-2-3.
GRANDO A., "Logistica e produzione", UTET, Milano, 1996.
MONTE A., "Elementi di impianti industriali", voll.1-2, Ed. Libreria Cortina, Torino, 3° ediz., 1997.
CARON F., MARCHET G., WEGNER R., "Impianti di movimentazione e stoccaggio dei materiali – criteri di progettazione", Hoepli, 1997.
TURCO F., "Principi generali di progettazione degli impianti industriali, C.L.U.P., Milano, 1978.
HERAGU S., "Facilities Design", Ed. PWS, Boston, 1997
BRANDOLESE A., POZZETTI A., SIANESI A., "Gestione della produzione industriale", Hoepli, Milano, 1991.
DEL MAR D., "Operations and industrial management", McGraw-Hill, 1985.
TERSINE R.J., Production/operations management, North Holland, New York, 1985.
MORTIMER J., Logistics in manufacturing, Ed. IFS Ltd, UK/Springer Verlag, 1988.
FERROZZI C., SHAPIRO R.D., HESKETT J.L., "Logistica e strategia", 1-2, ISEDI, 1993, Torino.
BOWERSOX D.J., "Logistica, strategia e integrazione in azienda", Tecniche Nuove,1989, Milano.
HOLLIER R.H., "Automated guided vehicle systems, IFS Ltd., Bedford (UK), 1987.
HALL R., Obiettivo: scorte zero, Ed. ISEDI, Milano 1986.
MONDEN Y., Produzione Just-in-time, Ed. ISEDI, Milano, 1986.

MACCHINE L

Docente: Prof. **Antonio Peretto**

Introduzione e richiami:
Le fonti di energia: combustibili fossili e fonti rinnovabili. La produzione e il consumo energetico

in Italia. Le trasformazioni termodinamiche. Le equazioni generalizzate del moto dei fluidi in forma termica e meccanica. L'equazione di Bernoulli. Diagrammi termodinamici: T-s, h-s e p-v. Uso delle tabelle per l'acqua. L'espansione nelle turbine e la compressione nei compressori: caso ideale, reale, rendimento interno e politropico.

Gruppi turbogas:

Generalità, campi di impiego, schema d'impianto e descrizione dei componenti principali (turbina, camera di combustione e compressore). La combustione: reazioni principali, i combustibili, il potere calorifico, l'aria teorica, l'aria reale, l'eccesso d'aria. Gruppi turbogas a ciclo Brayton: schema dell'impianto, diagramma entropico, bilanci energetici (calore introdotto, lavoro utile, rendimento, potenza utile e consumo di combustibile) ed equazioni che ne regolano il funzionamento. Limiti della temperatura di ingresso turbina. Influenza del rapporto di compressione sul lavoro specifico e sul rendimento: il rapporto di compressione di massimo rendimento e di massimo lavoro. Il consumo specifico.

Gruppi a vapore:

Generalità, schema di un impianto a vapore a condensazione a tre spillamenti: descrizione e funzionamento dei componenti principali (caldaia, turbina, condensatore, scambiatori s superficie e a miscela, pompe), diagramma termodinamico T-s, bilanci energetici ed equazioni di funzionamento.

Gruppi combinati gas-vapore:

Generalità, schema d'impianto del due livelli di pressione e descrizione dei componenti principali. Diagramma di scambio termico, l'efficienza di scambio termico, valutazione del rendimento totale e del rapporto delle potenze.

La cogenerazione:

Generalità ed indici caratteristici (es. IRE). La cogenerazione con impianti a vapore con turbina a contropressione ed a derivazione: schemi degli impianti, principio di funzionamento e diagrammi entropici,. La cogenerazione con turbine a gas: schema dell'impianto, il campo operativo, la post-combustione, regolazione per la produzione di energia termica variabile. I cicli combinati nella cogenerazione: due livelli di pressione.

Le turbomacchine:

Equazioni del moto dei fluidi per condotti fissi. Equazione di Hugoniot. Grandezze statiche e totali. Equazioni del moto dei fluidi per condotti mobili. Il lavoro attraverso le equazioni di Eulero e delle differenze di energie cinetiche. I compressori centrifughi: schema della macchina, i triangoli di velocità, pale in avanti, radiali e indietro, concetto di prevalenza. La curva caratteristica teorica e reale.

Il condensatore:

Schema ed equazioni di funzionamento.

Il generatore di vapore:

Schema e principio di funzionamento. La temperatura di parete.

Scambiatore di calore:

Metodo del DT medio logaritmico. Diagramma di scambio termico. Caso equicorrente e controcorrente.

Emissioni inquinanti:

Principali emissioni inquinanti nei gruppi termoelettrici e sistemi di abbattimento.

Gestione di un parco termoelettrico:

Criterio del pari costo incrementale. Two- shift, load following e pompaggio.

Testi adottati

Sistemi Energetici e loro componenti, G. Negri di Montenegro, M. Bianchi A. Peretto, II Edizione – Pitagora Editore.

MACCHINE L **BO, cds: R**

Docente: **Giovanni Naldi** prof. ass.

1. Fabbisogno mondiale di energia, fonti primarie e secondarie, rinnovabili e non rinnovabili. Bilanci energetico globale e dell'energia elettrica nazionali. Diagrammi di carico giornalieri, potenza di punta, media e installata. Potere calorifico dei combustibili e sua determinazione in via sperimentale ed approssimata. Calorimetro di Junkers e Bomba di Mahler. Massa e volume d'aria per la combustione teorica, combustione reale, diagramma di Ostwald.
2. **Richiami di termodinamica**: Gas perfetti e ideali. Diagrammi termodinamici T,s (entropico) e h,s (Mollier). Trasformazioni sui piani T,s e h,s. Equazioni di bilancio energetico per il sistema aperto in forma termica e meccanica.
3. **Cicli degli impianti a vapore**: Ciclo di Carnot. Ciclo Hirn: Influenza della pressione di caldaia e della pressione di condensazione, del surriscaldamento e del risurriscaldamento, sul rendimento dei ciclo. Cicli di Carnot equivalenti, temperatura media di somministrazione dei calore. Scelta della pressione e della temperatura ottimali di risurriscaldamento. Impianto con uno o più spillamenti. Preriscaldatori a miscela e a superficie.
4. **Generatori di vapore**: Determinazione della temperatura di combustione. Rendimento del generatore di vapore per via diretta ed indiretta. Influenza dell'eccesso d'aria e del carico sul rendimento del generatore di vapore. Rugiada acida. Evoluzione dell'architettura dei generatori di vapore. Caldaia ad irraggiamento. Carico termico volumetrico. Estrazione di calore dai fumi. Preriscaldo dell'acqua e dell'aria. Diagrammi di scambio.
5. **Cogenerazione**: Definizione dei parametri principali per la caratterizzazione di un impianto cogenerativo (indice di utilizzazione dei combustibile, rendimento elettrico convenzionale, indice di risparmio di combustibile primario (UNI 8887). Impianto cogenerativo con turbina a vapore a contropressione. Impianto cogenerativo con turbina a vapore a condensazione - derivazione. Diagramma di funzionamento ai carichi parziali.
6. **Cicli degli impianti di turbina a gas**. Rendimenti isoentropico e politropico. Ciclo di Brayton. Cicli per turbina a gas complessi con doppia compressione e con doppia espansione. Cicli rigenerativi: valutazione del calore recuperabile e del rendimento. Architettura di gruppi turbogas, cenni sul raffreddamento delle pale.
7. **Gruppi combinati gas-vapore**: Diagrammi entropico e di scambio. Efficienza di recupero. Diagramma di Sankey e rendimento. Influenza delle caratteristiche dei cicli componenti sul rendimento totale del ciclo combinato. Cicli combinati con sezione a vapore a spillamenti e con più livelli di pressione.
8. **Condensatore**: Architettura e bilanci elementari.
9. **Cicli termodinamici operatori**: Cicli delle macchine per la produzione dei freddo. Caratteristiche dei fluidi frigoriferi: Proprietà termofisiche, di sicurezza e impatto ambientale. Cicli frigoriferi a doppia compressione e a due temperature di vaporizzazione.
10. **Macchine volumetriche operatrici**: Compressore volumetrico alternativo, diagrammi di indicatore ideale e reale. Rendimento volumetrico apparente e di carica. Pompe volumetriche alternative e rotative. Pompe oleodinamiche.
11. **Turbine a vapore**: Equazioni del moto per un osservatore mobile. Equazioni di Eulero ed alle energie cinetiche. Efflusso del vapore. Grandezze di ristagno. Equazione di Hugoniot. Ugello di De Laval. Turbina a vapore ad azione semplice, Limiti al salto entalpico sfruttabile. Architettura di varie tipologie di turbine a vapore. Turbina Curtis a salti di velocità. Turbina a salti di pressione, fattore di recupero. Tenute a labirinto. Turbina a reazione. Grado di reazione. Lavoro specifico e rendimento dello stadio di turbina a reazione. Limiti della turbina a reazione: Portata in volume all'ingresso. Turbina mista. Problemi allo scarico delle turbine a reazione. Macchine a più corpi, a doppio flusso. Equilibramento delle spinte assiali. Cenni sulla regolazione per parzializzazione e per strozzamento.

12. **Macchine idrauliche operatrici a fluido incomprimibile**. Pompa centrifuga: Architettura della macchina. Studio elementare del flusso secondo la teoria monodimensionale. Determinazione del punto di funzionamento della pompa in relazione alle caratteristiche dell'impianto. Curve caratteristiche. Leggi di trasposizione. Cenni alle normative di collaudo. Problemi di installazione: Adescamento e cavitazione. NPSH limite e d'impianto. Determinazione sperimentale della curva di NPSH limite. Ventilatori.
13. **Macchine idrauliche motrici**: Turbina Pelton: Architettura e dimensionamento di massima. Limitazione al rapporto d/D. Macchine poli-getto. Turbina Francis: Architettura. Grado di reazione. Velocità periferica di massimo rendimento. Utilizzazione dei tubo diffusore allo scarico delle turbine a reazione. Dipendenza dell'architettura delle turbine idrauliche a reazione dall'indice caratteristico. Turbina ad elica. Triangoli di velocità. Comportamento in regolazione, turbina Kaplan.
14. **Motori a combustione interna alternativi**: definizioni, principi di funzionamento. Analisi termodinamica dei cicli per i M.C.I. ad accensione comandata e per compressione. Cicli Beau de Rochas (Otto), Diesel e Sabathè. Diagrammi di indicatore ideale limite e reale. Potenza e rendimento per via termica. Parametri caratteristici per il dimensionamento dei M.C.I: pressione media indicata ed effettiva, velocità media del pistone, rapporto corsa/diametro. Architettura dei motori a combustione interna, motori policilindrici. Motori a due tempi ad accensione comandata. Prestazioni dei motori a combustione interna: Curve caratteristiche di coppia, potenza e consumo specifico a piena ammissione ed in regolazione. Emissioni di inquinanti dai M.C.I. e metodi per il loro contenimento.

Testi consigliati:

CANTORE G., *Macchine*, Progetto Leonardo, 1995 BO, 3a ed. 1999.
CORNETTI G., *Macchine idrauliche*, Il Capitello, TO, 1989, 2a ed. 1991, rist. 1994.
CORNETTI G., *Macchine termiche*, Il Capitello, TO, 1989, rist. 1994.
FERRARI G., *Motori a combustione interna*, il Capitello, Torino, 1992.
LOZZA G., *Turbine a gas e cicli combinati*, Progetto Leonardo – Bologna.
MINELLI G., *Macchine idrauliche*, Pitagora, BO, s.d..
MINELLI G., *Motori endotermici alternativi*, Pitagora, BO, s.d..
MORANDI G., *Macchine ed apparecchiature a vapore e frigorifere*, Pitagora, BO.
NEGRI DI MONTENEGRO G., MORO D., NALDI G., *Corso di macchine - 1 Sistemi e componenti termici*, Pitagora, BO, 1992, nuova ed. 1998.
NEGRI DI MONTENEGRO G., NALDI G., PERETTO A., *Corso di macchine - 2 Macchine volumetriche Trasmissioni meccaniche*, Pitagora, BO, 1993.
SANDROLINI S., BORGHI M., NALDI G., *Turbomacchine Termiche - Turbine*, Pitagora, BO, 1992.
SANDROLINI S., NALDI G., *Macchine 1: Fluidodinamica e termodinamica delle turbomacchine*, Pitagora BO, 1996.
SANDROLINI S., NALDI G., *Macchine 2: Le turbomacchine motrici e operatrici*, Pitagora BO, 1997.

Modalità di svolgimento dell'esame: Discussione orale sugli argomenti indicati nel programma.

MACCHINE

BO, cds: C, G

Docente: **Giuseppe Cantore** prof. ord.

Richiami di termodinamica, i cicli termodinamici.

Le equazioni energetiche del moto dei fluidi.

Sistemi di conversione dell'energia con cicli a vapore; le centrali termoelettriche a vapore di tipologia ENEL.

Sistemi di conversione dell'energia con cicli a gas: le turbine a gas.

Sistemi di conversione dell'energia a ciclo combinato gas-vapore.

La cogenerazione. Applicazioni per usi civili ed industriali.

La combustione nelle caldaie, bilanci termici; architettura di alcuni tipi di caldaie per grossi impianti; problematiche di scambio termico.

Le turbine a vapore: cenni sulle principali macchine per impianti termoelettrici.

Le pompe centrifughe: disegno della macchina; la prevalenza; la potenza assorbita.

Problematiche di adescamento e di cavitazione. L'indice NPSH. Le curve caratteristiche; diagrammi collinari. Interazione pompa circuito. La teoria della similitudine idraulica.

Le pompe volumetriche: alternative e rotative (pompe a palette ed ad ingranaggi).

Diagrammi di funzionamento, prestazioni, rendimenti.

Motori endotermici alternativi. Architettura. Diagrammi di indicatore; diagramma delle fasi. Lavori, potenze, rendimenti, consumi specifici. Curve caratteristiche. Prestazioni. La detonazione. La carburazione: il carburatore, iniezione meccanica ed iniezione elettronica. Emissioni inquinanti gassose; tecniche di contenimento: i catalizzatori trivalenti, la sonda lambda.

Compressori alternativi: diagrammi di indicatore, prestazioni e rendimenti.

Testi consigliati:

G. CANTORE, *Macchine*, Esculapio, Bologna.

L'esame consiste in una prova orale su argomenti svolti nel corso delle lezioni.

MACCHINE **BO, cds: Q**

Docente: **Gian Marco Bianchi** ric.

1. Gruppi a vapore

Generalità. Schema di un impianto a vapore a condensazione: descrizione dei componenti (condensatore, turbomacchine, scambiatori a superficie ed a miscela), funzionamento e diagramrni termodinamici T,s ed h,s. Bilanci energetici dei cicli termodinamici a vapore. Influenza della pressione di condensazione, della pressione di vaporizzazione, del surriscaldamento e del risurriscaldamento sul rendimento del ciclo a vapore. I cicli a vapore surriscaldato ed a vapore risurriscaldato. I cicli rigenerativi: il grado di rigenerazione, condizione di massimo beneficio termodinainico, valutazioni energetiche, lay-out dell'impianto. Espressione del rendimento nel caso di n spillamenti.

2. Turbine a gas

Generalità. Ciclo di Brayton: lay-out dell'impianto, rapporto di compressione, ciclo termodinamico. Rendimento del gruppo, lavoro specifico del compressore e della turbina, lavoro specifico utile. Cicli a gas rigenerativi. Cicli a gas con compressione frazionata: scelta della pressione intermedia. Cicli complessi. Cenni sulla regolazione dei gruppi turbogas: i gruppi bialbero.

3. Gruppi combinati gas-vapore

Considerazioni generali. Rendimento. Diagrarnrna di scambio termico della caldaia a recupero, gruppi combinati con post-combustione.

4. Gruppi cogenerativi

Generalità. Impianti a vapore in contropressione ed a derivazione. Indice elettrico ed indice termico.

5. I generatori di vapore

Determinazione del rendimento per via diretta ed indiretta. La temperatura di combustione. Cenni sullo scambio termico: la temperatura di parete dai tubi, diagramma di scambio termico del generatore. Evoluzione dei generatori di vapore. La caldaia ad irraggiamento: disegno ed architetttìra, disposizione dei fasci tubieri scambiatori.

6. Turbomacchine motrici a fluido comprimibile: le turbine a vapore

Le equazioni energetiche di Eulero per macchine motrici. L'efflusso del vapore: numero di Mach, velocità critica, pressione critica, dimensionamento dei condotti. Ugelli convergenti. Ugelli convergenti-divergenti. Rendimento del distributore e della girante. La deviazione della vena. Limiti alla velocità periferica e massimo salto entalpico utilizzabile per stadio. Turbina ad azione semplice: disegno della macchina, triangoli di velocità, condizione di massimo rendimento e limiti di impiego. Le turbina a salti di velocità ed a salti di pressione: disegno della macchina, triangoli di velocità, rendimenti. Il fattore di recupero nella turbina a salti di pressione. Turbine a reazione: schema della macchina, triangoli di velocità, condizione di massimo rendimento, cenni ai limiti della portata in volume all'ingresso ed allo scarico.Cenni sulle turbine miste.

7. Turbomacchine operatrici a fluido incomprimibile: le pompe centrifughe

Schema della macchina. Le equazioni di Eulero per macchine operatrici. Triangoli di velocità. Pale rivolte in avanti e pale rivolte all'indietro. Prevalenza, potenza, rendimenti e perdite fluidodinamiche. Curva caratteristica e digramma collinare. L'adescamento. La cavitazione: generalità e definizione dell'NPSHlim di una pompa. Pompe multicellulari (cenni).

8. Macchine idrauliche

Turbina Pelton. Turbina Francis. Turbina Kaplan.

9. Macchine volumetriche operatrici a fluido comprimibile

Compressori alternativi: schema della macchina, funzionamento, diagrammi di indicatore (p,V) ideale e reale, rendimento volumetrico, rendimento di carica; velocità media del pistone. La compressione frazionata interrefrigerata. Compressori volumetrici rotativi a lobi, a palette e a viti.

10. Motori endotermici alternativi

Generalità ed architettura. I cicli tennodinamici Otto, Diesel e Sabathè. Valutazione del rendimento termodinanfico. Diagramma di indicatore (p,V) reale e diagramma di indicatore ideale dei cicli Otto, Diesel e Sabathè. Rendimento di indicatore. Valutazione della potenza per via termica: la tonalità termica, il rendimento volumetrico. Pressione media effettiva ed indicata, velocità media del pistone, rapporto corsa-diametro. Curve di coppia e di potenza. Regolazione nei motori Diesel ed a benzina. La dosatura. L'anticipo dell'accensione. La combustione. La detonazione nei motori ad accensione comandata. Il carburatore. I sistemi di iniezione: motori diesel e motori ad accensione comandata. Considerazioni sul frazionamento della cilindrata. Controllo delle emissioni inquinanti allo scarico.

11. Cicli frigoriferi

Generalità. Schema dell'impianto e diagrammi termodinamici. Coefficiente di effetto utile. Gruppi frigoriferi con compressione frazionata interrefrigerata.

Testi consigliati

G. CANTORE, *Macchine*, Progetto Leonardo.
G. MINELLI, *Motori a combustione interna*, Pitagora.
G. MINELLI, *Macchine idrauliche*, Pitagora.

Esame, orale.

MACCHINE ELETTRICHE L **BO, cds: E**

Docenti: **Giovanni Serra** prof. straord.

Il corso si propone di fornire i fondamenti del funzionamento delle macchine elettriche e le loro caratteristiche in relazione alle diverse modalità di impiego.

Programma

Richiami sulle leggi dell'elettromagnetismo e sulle principali proprietà dei materiali conduttori, dielettrici e ferromagnetici impiegati nella realizzazione delle macchine elettriche. Fenomeni termici nelle macchine elettriche. Cenni sulle normative di riferimento.

Trasformatori

Forma e realizzazione dei circuiti magnetici e degli avvolgimenti. Definizioni relative ai flussi dispersi. Circuito elettrico equivalente, perdite nel ferro, saturazione del nucleo magnetico. Funzionamento in regime sinusoidale, diagramma vettoriale. Funzionamento a carico, potenza nominale e rendimento. Variazione di tensione da vuoto a carico. Prove a vuoto ed in corto circuito, determinazione dei parametri caratteristici. Funzionamento in parallelo, determinazione delle condizioni ideali ed analisi in condizioni reali.

Trasformatore trifase, circuiti magnetici, tipo di collegamento degli avvolgimenti primari e secondari, gruppo di appartenenza. Funzionamento in regime sinusoidale simmetrico ed equilibrato. Cenni sul funzionamento con carichi squilibrati. Funzionamento in parallelo di due o più trasformatori.

Cenni sui trasformatori di misura.

Macchine rotanti

Generalità. Distribuzione del campo magnetico al traferro. Il campo magnetico rotante. Calcolo della forza elettromotrice indotta. Avvolgimenti, fattore d'avvolgimento.

Macchina asincrona, principio di funzionamento. Equazioni del circuito magnetico. Funzionamento in regime sinusoidale, a vuoto ed a carico. Circuito equivalente. Bilanci energetici, rendimento. Diagrammi vettoriali. Espressione della coppia, coppia massima, stabilità. Prove sulla macchina. Cenni sugli effetti dei campi armonici di ordine superiore. Coppie di impuntamento. Macchine asincrone con rotore a gabbia di scoiattolo. Avviamento e regolazione della velocità. Cenni sul motore asincrono monofase.

Macchina sincrona, tipi di struttura, principio di funzionamento. Macchina a rotore isotropo, funzionamento a vuoto ed a carico in regime sinusoidale. Il diagramma di Behn-Eschemburg, dia-

gramma di Potier. Macchina a poli salienti, reazione d'armatura in linearità magnetica, reattanze sincrone lungo gli assi longitudinale e trasversale. Diagramma di Arnold-Blondel. Coppia elettromagnetica, limiti di stabilità in regime statico e dinamico, oscillazioni pendolari, avvolgimenti smorzatori. Funzionamento di un generatore sincrono in parallelo a rete di potenza infinita. Macchine a magneti permanenti.

Macchina a corrente continua. Generalità, struttura e nomenclatura. L'indotto a tamburo, spazzole e collettore. Cenni sugli avvolgimenti per macchine a corrente continua. Il funzionamento a vuoto. Il funzionamento a carico e la reazione d'armatura. Poli ausiliari e avvolgimenti compensatori. Equazioni della macchina in regime dinamico e stazionario. Coppia elettromagnetica. La commutazione nel caso ideale e la commutazione reale. Connessioni del circuito di eccitazione. Caratteristiche esterne dei generatori, regolazione della tensione, eccitazione compound. Caratteristiche meccaniche dei motori. Reversibilità del funzionamento delle macchine.

Bibliografia obbligatoria

B. Brunelli, *Conversione elettrica ed elettromeccanica dell'energia*, Pitagora, Bologna.
E. Di Pierro, *Costruzioni Elettromeccaniche (Vol. I e II)*. Edizioni Scientifiche Siderea, Roma.
A. E. Fitzgerald, C. Kingsley, A. Kusko, *Macchine Elettriche*, Franco Angeli.
M. Kostenko, L. Piotrovsky, *Electrical Machines (Vol. I e II)*, MIR Publishers, Moscow.
P. L. Alger, *The nature of poliphase induction machines*, John Wiley, New York, Chapman & Hall, London.

MACCHINE ELETTRICHE LS

BO, CdS: E

Docente: **Giovanni Serra** prof. straord.

Il Corso intende fornire agli studenti conoscenze approfondite riguardanti le principali macchine elettriche, studiandone il funzionamento in particolari condizioni operative. Sono illustrate le problematiche relative al dimensionamento e le metodologie di calcolo dei parametri dei circuiti elettrici equivalenti. Vengono esaminate le particolari tipologie di macchine elettriche che trovano crescente impiego in ambito industriale e civile.

PROGRAMMA

Trasformatori trifase

Analisi del funzionamento a vuoto nei vari casi di collegamento primario. Armoniche di corrente e flusso.

Funzionamento in condizioni di carico squilibrato: stella/stella, triangolo/stella, stella/stella-neutro, coll.zig-zag. Determinazione impedenza omopolare.

Caratteristiche esterne del trasformatore su carico ohmico, induttivo e capacitivo, variazione di tensione da vuoto a carico, diagramma di Kapp.

Analisi del funzionamento in parallelo dei trasformatori con diverso rapporto di trasformazione.

Calcolo del coefficiente di autoinduzione di dispersione di un trasformatore nel caso di avvolgimenti concentrici e di bobine alternate. Calcolo del coefficiente di autoinduzione di dispersione nel caso di trasformatori ad avvolgimenti cilindrici concentrici e nel caso di bobine alternate.

Autotrasformatore: deduzione dal trasformatore originario. Deduzione dati di progetto dai dati di specifica.

Il trasformatore a tre avvolgimenti: equazioni descrittive, circuito elettrico equivalente. Metodo per la misura dei parametri. Calcolo dei parametri del circuito elettrico equiv. del trasformatore a 3 avvolgimenti.

I trasformatori di misura. TV e TA: collegamenti a primario e secondario, analisi delle cause di errore. Criteri di dimensionamento.

Sovratensioni di origine atmosferica. Distribuzione del potenziale elettrico. Effetti negativi e provvedimenti per limitare il gradiente di tensione.

Criteri di dimensionamento dell'isolamento esterno del trasformatore.

Il progetto del trasformatore trifase.Metodi di progettazione. Relazione fra potenza, frequenza e dimensioni.

Calcolo area della sezione del nucleo magnetico. Calcolo del numero di spire primario e secondario. Calcolo degli avvolgimenti, distanze d'isolamento. ingombri e pesi. Perdite nel ferro e nel rame. Reattanza di dispersione. Correzione delle scelte progettuali.

Macchine Asincrone

Analisi armonica della distribuzione di campo magnetico prodotto da un gruppo di bobine a passo raccorciato.

Campi rotanti armonici prodotti da un sistema simmetrico di avvolgimenti percorsi da un sistema equilibrato di correnti alternate sinusoidali. Condizioni di esistenza.

Calcolo della fem indotta in un avvolgimento a p coppie di poli da un campo magnetico rotante armonico avente Kp coppie di poli e velocità generica.

Funzionamento della macchina asincrona in presenza di campi rotanti armonici al traferro. Circuito equivalente generalizzato della macchina asincrona.

Contributo alla reattanza di dispersione. Reattanza di dispersione alle testate ed al traferro.

Le macchine asincrone con rotore a gabbia di scoiattolo. Determinazione del numero di fasi equivalente. Contributo degli anelli.

Il rotore a doppia gabbia ed a barre profonde. Circuito elettrico equivalente del rotore a doppia gabbia.

Il diagramma circolare della macchina asincrona. Luogo, punti rappresentativi del funzionamento. Retta delle coppie, delle potenze, ecc.

La macchina asincrona monofase: principio di funzionamento, equazioni, circuito elettrico equivalente. Problematiche d'avviamento.

Il calcolo dei parametri delle macchine elettriche rotanti in c.a. Caso di cava semichiusa con conduttori filiformi. Caso di conduttore massiccio in cava aperta. Doppia gabbia.

Macchine Sincrone

Richiami sul funzionamento in regime lineare

Calcolo reattanze longitudinale e trasversale delle macchine sincrone

Deduzione dell'espressione della coppia delle macchine sincrone a poli lisci ed a poli salienti

Modelli matematici delle macchine sincrone in regime di saturazione magnetica: macchine a rotore isotropo ed anisotropo.

Macchine sincrone a magneti permanenti: tipologie costruttive, progetto del circuito magnetico. Motori a fem trapezia e motori a fem sinusoidale. Tecniche per la minimizzazione delle ondulazioni di coppia.

Macchine a corrente continua

Richiami sulla teoria del funzionamento

Avvolgimenti per le macchine a corrente continua: embricati semplici e multipli, ondulati semplici e multipli. Collegamenti equipotenziali.

La commutazione nella macchina c.c. Provvedimenti per la compensazione dei fenomeni di reazione d'armatura: poli ausiliari, avvolgimenti compensatori, spostamento delle spazzole.

Calcolo della tensione di reattanza e progetto dei poli ausiliari.

MACCHINE I **BO, cds: M**

Docente: **Piero Pelloni** prof. ord.

L'Insegnamento tratta le fonti di energia termica e convenzionale, combustibili solidi, liquidi e gassosi, la combustione ed i generatori di vapore convenzionali, utilizzanti le dette fonti di energia. Vengono anche richiamate le fonti di energia ed i generatori di vapori nucleari.

Richiamati i bilanci energetici, le trasformazioni termiche e gli scambi di energia, viene poi svolta la trattazione delle macchine motrici a vapore, alternative ed a turbina, e dei relativi circuiti termici ed impianti.

Vengono poi discussi i fluidi frigoriferi e trattati gli impianti frigoriferi a compressione di gas e di vapori, la liquefazione dei gas permanenti e loro applicazioni.

Di ogni macchina ed impianto viene svolta la teoria generale e vengono trattati il funzionamento, il dimensionamento ed i limiti di impiego, tecnici ed economici.

L'insegnamento viene completato da esempi ed esercizi numerici.

Necessarie premesse dell'insegnamento, oltre le nozioni matematiche di base, sono: la Fisica (meccanica e termodinamica), la Meccanica applicata alle macchine e la Fisica tecnica.

Testo consigliato:

G. Negri Di Montenegro, M. Bianchi, A. Peretto, *Sistemi energetici e loro componenti*, ed. Pitagora.

MACCHINE II **BO, cds: M**

Docente: **Giorgio Minelli** prof. ord

Oggetto dell'Insegnamento è lo studio dei motori alternativi a combustione interna e delle macchine idrauliche motrici ed operatrici.

Vengono fornite le conoscenze atte alla comprensione dei fenomeni che reggono il funzionamento delle macchine in esame, rendendo possibile l'interpretazione e la previsione delle caratteristiche funzionali, consentendone inoltre un ragionato dimensionamento.

I motori alternativi a combustione interna

1) Ad accensione comandata: studio della combustione e conseguenze sul proporzionamento della macchina e sulle sue prestazioni. I sistemi di iniezione diretta ed indiretta- per la preparazione della miscela. Modelli per la gestione del controllo. Gli inquinanti allo scarico ed i più aggiornati procedimenti per il loro procedimento

2) ad accensione per compressione: studio della combustione e conseguenze sul proporzionamento della macchina e sulle sue prestazioni. I sistemi di iniezione a bassa, media ed altissima pressione. I problemi peculiari di inquinamento e le linee di intervento possibili.

Peculiarità dei due tempi. La sovralimentazione. Limiti delle prestazioni.
Il passaggio dai moto alternativi a quelli turbogas, nella propulsione aeronautica.

Macchine idrauliche

Le turbine idrauliche nel contesto del più generale problema delle conversioni d'energia. Studio teorico e criteri di proporzionamento delle turbine idrauliche (ad azione ed a reazione). Le curve caratteristiche. La similitudine nelle macchine idrauliche. I problemi di cavitazione. Le miniturbine e le macchine reversibili.

Le pompe centrifughe: studio teorico e criteri di proporzionamento. Le caratteristiche funzionali e di problemi operativi di esercizio. Le pompe volumetriche.

L'esame è costituito da una prova orale.
Propedeuticità consigliate: Fisica tecnica, Idraulica, Macchine.

Testi consigliati:

G. MINELLI, *Motori endotermici alternativi*, Pitagora.
G. MINELLI, *Macchine idrauliche*, Pitagora.
G. FERRARI, *Motori a combustione interna*, Il Capitello.
J.B. HEYWOOD, *Internal combustion engine fundamentals*, McGraw Hill.

MACCHINE L **BO, cds: Q**
Docente: **Giovanni Naldi** prof. ass

Energia: fabbisogno mondiale di energia, fonti primarie e secondarie, rinnovabili e non rinnovabili. Bilancio energetico mondiale giornaliero e ripartizione tra le diverse fonti. Cenni sulla conversione fotovoltaica. Cenni sulla energia eolica. Potere calorifico dei combustibili. Calorimetro di Junkers e Bomba di Mahler. Massa d'aria per la combustione teorica, volume aria teorica, combustione reale.

Richiami di termodinamica. Richiami sulle equazioni di bilancio energetico per il sistema aperto in forma termica e meccanica. Cicli degli impianti a vapore: Ciclo di Carnot, Ciclo Rankine, Ciclo Hirn. Limitazioni ai parametri caratteristici del ciclo. Influenza della pressione di condensazione, del surriscaldamento e del risurriscaldamento sul rendimento dei ciclo. Impianti a spillamenti. Preriscaldatori a miscela e a superficie.

Generatori di vapore. Bilancio della camera di combustione. Determinazione della temperatura di combustione. Temperatura di parete nei tubi vaporizzatori e surriscaldatori. Evoluzione dell'architettura dei generatori di vapore. Rendimento del generatore di vapore per via diretta ed indiretta. Estrazione di calore dai fumi. Preriscaldo dell'acqua e dell'aria. Caldaia ad irraggiamento.

Impianti motori con turbina a gas. Lavoro specifico e rendimento del ciclo di Brayton. Architettura di gruppi di turbina a gas. Cenni sul raffreddamento delle pale e sui cicli a gas complessi. Cogenerazione: Impianti cogenerativi con turbina a vapore a contropressione e, con turbina a vapore a condensazione-derivazione. Cicli combinati gas-vapore. Cicli combinati con spillamenti e con più livelli di pressione Architettura di caldaie a recupero.

Cicli termodinamici operatori, per la produzione del freddo. Caratteristiche dei fluidi frigoriferi: proprietà termofisiche, di sicurezza e impatto ambientale. Cicli frigoriferi a doppia compressione secca e a due temperature di vaporizzazione. Riscaldamento mediante pompa di calore.

Compressore volumetrico alternativo, Pompe volumetriche alternative e rotative: Architetture e prestazioni di pompe oleodinamiche. Metodi di rilievo delle caratteristiche di pompe oleodinamiche.

Equazioni del moto per un osservatore mobile. Equazioni di Eulero ed alle energie cinetiche. Efflusso del vapore. Turbina a vapore ad azione semplice. Turbina Curtis. Turbina a salti di pressione. Turbina a reazione. Turbina mista. Macchine a più corpi e a doppio flusso. Cenni sulla regolazione per parzializzazione e per strozzamento.

Macchine idrauliche operatrici a fluido incomprimibile. Pompa centrifuga. Schema di un impianto di prova per pompe centrifughe e cenni alle normative di collaudo. Cenni sulla teoria della similitudine. Leggi di trasposizione. Determinazione del punto di funzionamento della pompa in relazione alle caratteristiche dell'impianto. Problemi di installazione: adescamento e cavitazione. NPSH limite e d'impianto. Cenni sulle modalità di determinazione sperimentale delle curve di NPSH limite.

Sfruttamento delle risorse idrauliche per impianti di generazione idroelettrica. Definizioni e tipologie d'impianto. Turbina Pelton. Turbina Francis. Turbina Kaplan. Indice Caratteristico. Cenni sulla dipendenza dell'architettura delle turbine idrauliche a reazione dall'indice caratteristico. Turbina ad elica. Comportamento in regolazione, diagrammi collinari.

Motori a combustione interna alternativi: definizioni, principi di funzionamento. Architettura dei motori a combustione interna a quattro tempi. Diagrammi di indicatore e polare della distribuzione. Analisi termodinamica dei cicli per i M.C.I. ad accensione comandata e per compressione. Cicli Beau de Rochas (Otto), Diesel e Sabathè. Potenza e rendimento per via termica Parametri caratteristici per il dimensionamento dei M.C.I. Motori policilindrici. Motori a due tempi. Prestazioni dei motori a combustione interna: Curve caratteristiche di coppia, potenza e consumo specifico. Emissioni di inquinanti dai M.C.I. e metodi per il loro contenimento.

Testi consigliati:

CANTORE G., "Macchine", Progetto Leonardo, 1995 BO, 3a ed. 1999.
MINELLI G., "Macchine idrauliche", Pitagora, BO, s.d.
MORANDI G., "Macchine ed apparecchiature a vapore e frigorifere", Pitagora, BO.

Materiale didattico integrativo:
Schemi di macchine ed impianti (disp. Copisteria Facoltà)
Programma del corso dettagliato e parte del materiale didattico scaricabile dal sito:
http//diem1.ing.unibo/staff/professori_associati/naldi

Modalità di svolgimento dell'esame:
Interrogazione orale sugli argomenti indicati nel programma.
Si richiede la conoscenza degli schemi delle macchine trattate nel corso e lo svolgimento di brevi calcoli relativi alla determinazione di proprietà termodinamiche, od a bilanci elementari, anche dal punto di vista numerico.

MACCHINE L **BO, cds: G**

Docente: **Antonio Peretto** prof. straord.

- **Introduzione e richiami**:
  Classificazione delle macchine a fluido. Le fonti di energia: combustibili fossili e fonti rinnovabili. La produzione e il consumo energetico in Italia. I cicli termodinamici: rendimento di un ciclo di Carnot. Le trasformazioni termodinamiche. Le equazioni generalizzate del moto dei fluidi in forma termica e meccanica. L'equazione di Bernoulli. Diagrammi termodinamici: T-s, h-s e p-v. Uso delle tabelle per l'acqua. L'espansione nelle turbine e la compressione nei compressori: caso ideale, reale, rendimento interno, rendimento meccanico. La potenza. Unità di misura.
- **Sistemi a vapore con ciclo a condensazione**:
  Generalità, schema di un impianto a vapore a condensazione: descrizione e funzionamento dei componenti principali (caldaia, turbina, condensatore, scambiatori s superficie e a miscela, pompe), diagramma termodinamico T-s. Il ciclo Rankine: schema dell'impianto, diagramma entropico e bilanci energetici. Il ciclo Hirn: schema dell'impianto, diagramma entropico e bilanci energetici. Il ciclo con risurriscaldamento: schema dell'impianto, diagramma entropico e bilanci energetici. Influenza delle pressioni di vaporizzazione, condensazione e risurriscaldamento sul lavoro specifico e sul rendimento dei cicli a vapore. Calcolo della portata di raffreddamento in un condensatore e limiti sulla pressione di condensazione. I cicli rigenerativi: grado di rigenerazione, condizione di massimo beneficio termodinamico, schema dell'impianto a uno e a tre spillamenti e relativo diagramma entropico, bilanci energetici e di massa nei punti caratteristici dell'impianto, valutazione del rendimento nel caso di uno o più spillamenti, calcolo della portata di spillamento. Schema del circuito termico dell'impianto a 7 spillamenti di una centrale elettrica Enel (Porto Tolle).
- **Gruppi turbogas**:
  Generalità, campi di impiego, schema d'impianto e descrizione dei componenti principali (turbina, camera di combustione e compressore). La combustione: reazioni principali, i combustibili, il potere calorifico, l'aria teorica, l'aria reale, l'eccesso d'aria. Gruppi turbogas a ciclo Brayton: schema dell'impianto, diagramma entropico, bilanci energetici (calore introdotto, lavoro utile, rendimento, potenza utile e consumo di combustibile) e condizione di autosufficienza. Limiti della temperatura di ingresso turbina. Influenza del rapporto di compressione sul lavoro specifico e sul rendimento: il rapporto di compressione di massimo rendimento e di massimo lavoro (cenni). Il consumo specifico, lavoro specifico e il costo del kWh. Gruppi turbogas con recupero di calore: schema dell'impianto, diagramma entropico, bilanci energetici (calore introdotto, lavoro utile, rendimento, potenza utile e consumo di combustibile). La regolazione dei gruppi turbogas: il gruppo turbogas bialbero. La propulsione aeronautica: cenni. La compressione interrefrigerata nei gruppi turbogas e cenni sulla postcombustione.
- **Gruppi combinati gas-vapore**:
  Generalità, schema d'impianto e descrizione dei componenti principali (caldaia a recupero). Ciclo combinato a un livello di pressione: schema dell'impianto, diagramma entropico, bilanci energetici, diagramma di scambio termico, l'efficienza di scambio termico, l'influenza della pressione di vaporizzazione sul rendimento. Cenni sulla post-combustione. I cicli combinati con due livelli di pressione: schema d'impianto, il diagramma di scambio termico. Confronto energetico ed economico fra gli impianti a vapore e i cicli combinati, esempio numerico.
- **La cogenerazione**:
  Generalità. La cogenerazione con impianti a vapore con turbina a contropressione ed a deri-

vazione: schemi degli impianti, diagrammi entropici, bilanci energetici ed indici caratteristici. La cogenerazione con turbine a gas: schema dell'impianto, il campo operativo, la post-combustione, regolazione per la produzione di energia termica variabile. I cicli combinati nella cogenerazione: due livelli di pressione. Indici cogenerativi, IRE, Ien.

- **Le turbomacchine operatrici a fluido incomprimibile**:
  Equazioni del moto dei fluidi per condotti mobili. Il lavoro attraverso le equazioni di Eulero e delle differenze di energie cinetiche. Teorema della variazione della quantità di moto. Le pompe centrifughe: schema della macchina, l'equilibramento delle spinte assiali, le equazioni di Eulero, i triangoli di velocità, pale in avanti, radiali e indietro, concetto di prevalenza, il lavoro idraulico, la potenza effettiva, il rendimento idraulico e meccanico. La teoria della similitudine idraulica, cenni. La curva caratteristica teorica e reale, la prevalenza a portata nulla. Curve caratteristiche a numero di giri variabile. L'innesco e la cavitazione delle pompe: NPSH dell'impianto e la determinazione sperimentale dell'NPSH limite della pompa. Punto di funzionamento di una pompa inserita in un circuito con serbatoi a livello fisso e variabile. Diverse tipologie di pompe. Pompe in serie e in parallelo.
- **Motori endotermici alternativi**:
  Architettura e parametri caratteristici (corsa, cilindrata, ecc.), fasi del ciclo, analisi termodinamica dei cicli Otto: rendimento termodinamico e suo legame con il rapporto di compressione; confronto tra ciclo Otto e ciclo Diesel. Diagramma indicatore ideale e reale per il ciclo Otto e Diesel: lavoro indicato ideale e reale. Il lavoro effettivo. La tonalità termica, il rendimento volumetrico e di combustione, la coppia all'albero. Potenza per via termica. Diagramma polare delle fasi: anticipi e ritardi delle valvole di aspirazione e scarico e anticipo all'accensione. Pressione media indicata ed effettiva, velocità media del pistone, rendimento totale e consumo specifico. Regolazione di un motore a benzina e diesel. La combustione nei motori ad accensione comandata: il fenomeno della detonazione. Frazionamento della cilindrata. Iniezione nei motori ad accensione comandata: l'iniettore, schema logico e funzionale, iniezione Bosch elettronica. Schema a blocchi del sistema controllo motore. Emissioni inquinanti allo scarico dei sistemi di produzione di potenza. Meccanismi di formazione degli inquinanti in un motore ad accensione comandata: influenza della fasatura, dosatura e anticipo. Tecniche di abbattimento delle emissioni: catalizzatore trivalente e sonda lambda.

Testi adottati

Sistemi Energetici e loro componenti, G. Negri di Montenegro, M. Bianchi A. Peretto, Ed. Pitagora

MACCHINE L **BO, cds: E, N**

Docente: **Michele Bianchi** ric.

Introduzione e richiami:
Le fonti di energia: combustibili fossili e fonti rinnovabili. La produzione e il consumo energetico in Italia. Le trasformazioni termodinamiche. Le equazioni generalizzate del moto dei fluidi in forma termica e meccanica. L'equazione di Bernoulli. Diagrammi termodinamici: T-s, h-s e p-v. Uso delle tabelle per l'acqua. L'espansione nelle turbine e la compressione nei compressori: caso ideale, reale, rendimento interno e politropico.
Gruppi turbogas:
Generalità, campi di impiego, schema d'impianto e descrizione dei componenti principali (turbi-

na, camera di combustione e compressore). La combustione: reazioni principali, i combustibili, il potere calorifico, l'aria teorica, l'aria reale, l'eccesso d'aria. Gruppi turbogas a ciclo Brayton: schema dell'impianto, diagramma entropico, bilanci energetici (calore introdotto, lavoro utile, rendimento, potenza utile e consumo di combustibile) ed equazioni che ne regolano il funzionamento. Limiti della temperatura di ingresso turbina. Influenza del rapporto di compressione sul lavoro specifico e sul rendimento: il rapporto di compressione di massimo rendimento e di massimo lavoro. Il consumo specifico.

Gruppi a vapore:
Generalità, schema di un impianto a vapore a condensazione a tre spillamenti: descrizione e funzionamento dei componenti principali (caldaia, turbina, condensatore, scambiatori s superficie e a miscela, pompe), diagramma termodinamico T-s, bilanci energetici ed equazioni di funzionamento.

Gruppi combinati gas-vapore:
Generalità, schema d'impianto del due livelli di pressione e descrizione dei componenti principali. Diagramma di scambio termico, l'efficienza di scambio termico, valutazione del rendimento totale e del rapporto delle potenze.

La cogenerazione:
Generalità ed indici caratteristici (es. IRE). La cogenerazione con impianti a vapore con turbina a contropressione ed a derivazione: schemi degli impianti, principio di funzionamento e diagrammi entropici,. La cogenerazione con turbine a gas: schema dell'impianto, il campo operativo, la post-combustione, regolazione per la produzione di energia termica variabile. I cicli combinati nella cogenerazione: due livelli di pressione.

Le turbomacchine:
Equazioni del moto dei fluidi per condotti fissi. Equazione di Hugoniot. Grandezze statiche e totali. Equazioni del moto dei fluidi per condotti mobili. Il lavoro attraverso le equazioni di Eulero e delle differenze di energie cinetiche. I compressori centrifughi: schema della macchina, i triangoli di velocità, pale in avanti, radiali e indietro, concetto di prevalenza. La curva caratteristica teorica e reale.

Il condensatore:
Schema ed equazioni di funzionamento.

Il generatore di vapore:
Schema e principio di funzionamento. La temperatura di parete.

Scambiatore di calore:
Metodo del DT medio logaritmico. Diagramma di scambio termico. Caso equicorrente e controcorrente.

Emissioni inquinanti:
Principali emissioni inquinanti nei gruppi termoelettrici e sistemi di abbattimento.

Gestione di un parco termoelettrico:
Criterio del pari costo incrementale. Two- shift, load following e pompaggio.

Testi adottati

Sistemi Energetici e loro componenti, G. NEGRI DI MONTENEGRO, M. BIANCHI A. PERETTO, II Edizione – Pitagora Editore.

MACCHINE UTENSILI **BO, cds: M**

Docente: **Luca Tomesani** prof. ass.

Generalità

Lo scopo del corso consiste nella conoscenza della tecnologia dei processi di fabbricazione per asportazione di truciolo, delle macchine tradizionali e a controllo numerico, nella capacità di organizzare semplici sequenze di produzione in grado di rispettare i vincoli imposti dal disegno costruttivo. Non è richiesta la propedeuticità dell'esame di Tecnologia Meccanica, ma la conoscenza di taluni argomenti fondamentali è fortemente consigliata.

Programma

1. FONDAMENTI DEL TAGLIO Meccanica della formazione del truciolo. Tipi di truciolo. Meccanica del taglio obliquo. Forze di taglio, tensioni e potenza richiesta. Teoria di Merchant. Temperature nel taglio. Usura e cedimento degli utensili. Finitura superficiale e integrità della superficie lavorata. Lavorabilità.

2. MATERIALI DA UTENSILE E FLUIDI DA TAGLIO Acciai al carbonio e medio legati. Acciai superrapidi. Leghe al cobalto. Carburi. Utensili rivestiti. Utensili ceramici. Nitruro di boro. Diamanti. Affilatura. Processi di deposizione CVD e PVD. Sistemi di monitoraggio dell'usura utensile. Fluidi da taglio. Metodi di applicazione. Sistemi di filtrazione dei fluidi da taglio.

3. PROCESSI DI TAGLIO PER FORME ROTONDE - Torni. Componenti dei torni. Tipologie di tornio. Parametri di tornitura e capacità del processo. Utensili a punta singola e influenza dei diversi angoli di spoglia. Alesatura e alesatrici. Criteri di ottimizzazione di lavorazioni di tornitura. Criteri di scelta delle variabili di tornitura. Foratura e tecnologia di realizzazione di fori. Macchine di foratura. Allargatori e alesatori. Filettatura.

4. PROCESSI DI TAGLIO PER FORME DIVERSE Fresatura e fresatrici. Fresatura periferica, frontale e a codolo. Stozzatura. Piallatura. Brocciatura e brocciatrici. Taglio delle ruote dentate cilindriche e coniche. Sbarbatura

5. PROCESSI DI LAVORAZIONE NON CONVENZIONALI Lavorazioni di elettroerosione a filo e a tuffo. Macchine e componenti. Parametri di processo. Caratterizzazioni dei prodotti finiti. Elettrodi, materiali e tecnologie di costruzione. esempi, microperforazioni.

6. PROCESSI ABRASIVI E OPERAZIONI DI FINITURA Il processo di rettifica. Abrasivi ed agglomeranti. Usura delle mole. Durezza funzionale. Tensioni residue. Operazioni di rettifica. Rettifica delle ruote dentate.

7. ATTREZZATURE DI LAVORO E CICLI DI FABBRICAZIONE Finalità delle attrezzature di lavorazione. Posizionamento e bloccaggio dei grezzi di lavorazione. Criteri di progetto delle attrezzature. Esempi di applicazione.

8. COMPONENTI DELLE MACCHINE UTENSILI Telai; organi di guida; la trasmissione del moto; servomotori; sistemi di misura; precisione delle macchine utensili; centri di lavoro; magazzini utensili; sistemi di alimentazione dei pezzi; controllo dimensionale dei pezzi;

9. CONTROLLI NUMERICI CON CALCOLATORE Tipi; linguaggi; programmazione; interpolazioni lineari, circolari ed elicoidali; compensazione utensile; cicli fissi; macroistruzioni; autoapprendimento; programmazione automatica; contornatura di superfici sculturate; simulazioni di processo.

Testi per la preparazione

La globalità degli argomenti trattati è stata raccolta nella dispensa "Appunti di Macchine

Utensili", disponibile presso la copisteria a fianco della biblioteca Dore. Alcune parti vanno opportunamente integrate da appunti presi a lezione o dai testi consigliati.

Testi consigliati

S. KALPAKJIAN, *Manufacturing Engineering and technology*, Addison-Wesley.
F. GIUSTI, M. SANTOCHI, *Tecnologia Meccanica e Studi di Fabbricazione*, Casa ed. Ambrosiana, Milano, 1992.
E. FUNAIOLI, *Lezioni di macchine utensili*, CLUEB, Bologna.
O. ZURLA, *Appunti di macchine utensili*, CLUEB, Bologna, 1989.
R.H. TODD, D.K. ALLEN, L. ALTING, *Manufacturing Processes Reference Guide*, Industrial Press inc., NY, 1994.
J.G. BRALLA, *Handbook of product design for manufacturing*, McGraw-Hill, 1986.
M. M. FARAG, *Materials Selection for Engineering Design*, Prentice Hall, 1997.
J.A. SHEY, *Introduction to Manufacturing Processes*, McGraw-Hill, 1987.

MARKETING INDUSTRIALE L **BO, cds: P**

Docente: **Claudio Pitilino** prof. inc.

Obiettivi e contenuti del corso

Il corso si propone di fornire gli elementi fondamentali per la comprensione delle logiche, concetti e principali strumenti del marketing, e più in particolare del marketing industriale. Particolare attenzione verrà dedicata alla continua verifica delle condizioni che permettono una corretta attuazione delle strategie di marketing in diversi contesti di mercato.

Il corso è articolato in tre parti:

- nella prima vengono affrontati i temi di base del marketing (I FONDAMENTI DEL MARKETING) con un'ottica di processo, guardando quindi alle attività svolte in ambito operativo nella preparazione e attuazione delle strategie di mercato;
- nella seconda (IL BUSINESS-TO-BUSINESS MARKETING) vengono approfonditi gli aspetti di marketing e commerciali specifici delle aziende che operano in mercati industriali;
- nella terza (IL WEB MARKETING) vengono affrontate le tematiche di marketing applicate al mondo di internet.

Programma

Gli argomenti affrontati nelle diverse parti del corso sono i seguenti.

I FONDAMENTI DEL MARKETING
Dal marketing all'orientamento al mercato
Il processo di sviluppo della strategia di marketing
L'analisi esterna:

- la valutazione del mercato
- la segmentazione del mercato
- l'analisi della concorrenza
- la comprensione del comportamento del consumatore
- l'analisi del sistema di mercato

La Swot analysis
La strategia di marketing:

- la determinazione degli obiettivi
- la scelta dei target e del posizionamento
- lo sviluppo della strategia lungo il ciclo di vita del prodotto e del mercato

Il marketing mix
- la politica di prodotto e di servizio
- la scelta dei canali distributivi
- la politica di comunicazione
- la definizione e la gestione del prezzo
- la rete di vendita

Problemi di attuazione e controllo della strategia di marketing

IL BUSINESS-TO-BUSINESS MARKETING
Specificità del business-to-business marketing
L'analisi del comportamento d'acquisto delle organizzazioni
La segmentazione "nested approach"
I servizi pre e post vendita
La partnership con i canali distributivi
Il ruolo cruciale della rete di vendita
Fiere, cataloghi e comunicazione integrata
Le ricerche di mercato nel business-to-business marketing
Il lancio di un nuovo prodotto
Organizzazione e attività di marketing in aziende che operano
- su commessa
- in mercati high tech

IL WEB MARKETING
Marketing e internet: opportunità e minacce
Web communication
Relationship e One-to-one marketing
E-commerce B2C
E-commerce B2B

MATEMATICA APPLICATA L **BO, cds: G (A-K), P (A-K)**
Docente: **Roberta Nibbi** ric.

Programma

Fondamenti di calcolo delle probabilità
Eventi e insiemi. Assiomi di Kolmogorov. Probabilità congiunta, probabilità condizionata, indipendenza. Teorema della probabilità totale. Teorema di Bayes.

Variabili aleatorie
Variabili aleatorie discrete e continue. Funzione di ripartizione. Variabili aleatorie continue con densità. Caratteristiche numeriche delle variabili aleatorie: speranza matematica (media), varianza, scarto quadratico medio, momenti. Variabili aleatorie vettoriali: funzione di ripartizione, densità congiunta e densità marginale. Leggi condizionate di distribuzione, indipendenza. Caratteristiche numeriche, medie, covarianza, momenti. Variabili correlate e non correlate.

Alcune distribuzioni notevoli
Schema di Bernoulli. Distribuzione uniforme, discreta e continua. Leggi binomiale, geometrica, di Poisson, esponenziale e normale. Relazioni fra alcune di loro e con altre distribuzioni connesse.

Funzioni di variabili aleatorie
Caratteristiche numeriche: rappresentazione della speranza matematica e della varianza, con applicazione ad alcuni casi notevoli (somma e prodotto di due variabili aleatorie, combinazione lineare di un numero arbitrario di variabili aleatorie, caso di variabili aleatorie indipendenti ed equidistribuite). Distribuzione di probabilità delle funzioni di una o più variabili aleatorie: generalità e casi notevoli (somma di due variabili aleatorie).

Leggi limite del Calcolo delle Probabilità
Successioni di variabili aleatorie: nozioni di convergenza. Disuguaglianza di Chebychev. Legge dei grandi numeri. Funzione caratteristica di variabili aleatorie, sua relazione con i momenti. Teorema limite centrale (per addendi con distribuzione comune).

Cenni di Statistica matematica
Stimatori. Test di ipotesi. Test c2. Regressione lineare.

Testi consigliati:

1) P. Baldi: *Introduzione alla probabilità con elementi di statistica* (Ed. McGraw-Hill Italia).
2) D.M. Cifarelli: *Introduzione al calcolo della probabilità* (Ed. McGraw-Hill Italia).
3) G. Naldi, L. Pareschi, G. Aletti: *Matematica I: Calcolo differenziale*, Algebra lineare, Probabilità e statistica (Ed. McGraw-Hill Italia).
3) H. Hsu: *Probabilità, variabili casuali e processi stocastici* (Ed. McGraw-Hill Italia).
4) M.R. Spiegel: *Probabilità e Statistica* (Ed. McGraw-Hill Italia).

MATEMATICA APPLICATA LA **BO, cds: L**
Docente: **Pier Paolo Abbati Marescotti** prof. ord.

Finalità dell'Insegnamento: Fare conseguire una buona padronanza, metodologica ed operativa, dei metodi matematici di base per la modellazione e l'analisi dell'incertezza.

Programma:

Fondamenti di calcolo delle probabilità
Calcolo delle Probabilità:oggetto e metodi. Incertezza, eventi, valutazione della probabilitàà. Criteri di valutazione usuali (classico, frequentista).Probabilità soggettiva. Rapporti fra probabilitàà e statistica.
Eventi e insiemi. Assiomi di Kolmogorov. Probabilità congiunta, probabilità condizionata, indipendenza. Teorema della probabilità totale. Teorema di Bayes.

Variabili aleatorie.
Variabili aleatorie discrete e continue. Funzione di ripartizione. Variabili aleatorie continue con densità. Caratteristiche numeriche delle variabili aleatorie: speranza matematica (media), va-

rianza, scarto quadratico medio.Variabili aleatorie vettoriali: funzione di ripartizione, densità congiunta e densità marginale.Leggi condizionate di distribuzione, indipendenza. Caratteristeche numeriche, medie, matrice di varianza-covarianza, momenti. Variabili correlate e non correlate, matrice di correlazione.

Alcune distribuzioni notevoli

Schema di Bernoulli. Distribuzione uniforme, discreta e continua. Leggi binomiale, geometrica, di Poisson, esponenziale e normale. Relazioni fra alcune di esse.

Funzioni di variabili aleatorie

Caratteristiche numeriche: rappresentazione della speranza matematica e della varianza, con applicazione ad alcuni casi notevoli (somma e prodotto di due variabili aleatorie, combinazione lineare di un numero arbitrario di variabili aleatorie, caso di variabili aleatorie indipendenti ed equidistribuite....). Distribuzione di probabilità delle funzioni di una o più variabili aleatorie: generalità e casi notevoli (funzione di una variabile aleatoria, somma di due variabili aleatorie, composizione di leggi normali..)

Leggi limite del Calcolo delle Probabilità

Successioni di variabili aleatorie: nozioni di limite. Disuguaglianza di Cebysev, Legge dei grandi numeri(formulazioni debole e forte, confronto). Funzione caratteristica di una variabile aleatoria; sua relazione con i momenti. Teorema limite centrale (per addendi con distribuzione comune).

Introduzione ai processi stocastici con elementi di analisi di Fourier

Processi stocastici, esempi. Descrizione, probabilitàadei vari ordini. Medie statistiche. Funzione di autocorrelazione. Processi stazionari e stazionari in senso lato; processi ad incrementi indipendenti,processi di Markov. Processi normali. Medie temporali: processi ergodici. Processi di Poisson e di Wiener. Densità spettrale di potenza: teorema di Wiener-Khinchin.

Testi consigliati:

1) E.S. VENTSEL: *Teoria delle probabilità* (Ed. Mir).
2) H. HSU: *Probabilità, variabili casuali e processi stocastici* (Ed. McGraw-Hill Italia).
SITO WEB SEGNALATO http://www.math.uah.edu (K. Siegrist: Virtual Laboratories in Probability and Statistics).

Durante il corso verranno svolte prove intermedie. L'esame è *orale*, preceduto da una prova scritta per i soli studenti con prove intermedie mancanti o mediamente insufficienti.

MATEMATICA APPLICATA LA **BO, cds: T**

Docente: **Augusto Muracchini** prof. straord.

Fondamenti del calcolo delle probabilità – Calcolo delle probabilità: oggetto e metodi. Incertezza, eventi, valutazione della probabilità. Criteri di valutazione usuali (classico, frequentista). Rapporti fra probabilità e statistica. Eventi e insiemi. Assiomi di Kolmogorov. Probabilità congiunta, probabilità condizionata. Indipendenza. Teorema della probabilità totale. Teorema di Bayes.

Variabili aleatorie – Variabili aleatorie discrete e continue. Funzione di ripartizione. Variabili aleatorie continue con densità. Caratteristiche numeriche delle variabili aleatorie: speranza matematica (media), varianza, scarto quadratico medio, momenti.

Variabili aleatorie vettoriali – Funzione di ripartizione, densità congiunta, densità marginale. Leggi condizionate di distribuzione, indipendenza. Caratteristiche numeriche, medie, matrici di covarianza, momenti. Variabili aleatorie correlate e non correlate, matrici di correlazione.

Alcune distribuzioni notevoli – Schema di Bernoulli. Distribuzione uniforme, discreta e continua. Leggi binomiali, geometrica, di Poisson, esponenziale e normale. Relazioni fra alcune di esse.

Funzioni di variabili aleatorie – Caratteristiche numeriche: rappresentazione della speranza matematica e della varianza con applicazione ad alcuni casi notevoli (somma e prodotto di due variabili aleatorie, combinazione lineare di un numero arbitrario di variabili aleatorie, caso di variabili aleatorie indipendenti ed equidistribuite ecc.). Distribuzione di probabilità della funzione di una o più variabili aleatorie: generalità e casi notevoli (funzione di una sola variabile aleatoria, somma di due variabili aleatorie, composizione delle leggi normali).

Leggi limite del calcolo della probabilità – Successioni di variabili aleatorie: nozione di limite. Disuguaglianza di Ceby_ev, Legge dei grandi numeri (formulazione debole e forte, confronto). Funzione caratteristica di una variabile aleatoria; sua relazione con i momenti. Teorema limite centrale (per addendi con distribuzione comune).

Introduzione ai processi stocastici – Processi stocastici, esempi. Probabilità dei vari ordini. Medie statistiche. Funzione di correlazione. Processi stazionari e processi stazionari in senso lato.

Testi consigliati:

1) H. Hsu, *Probabilità, variabili casuali e processi stocastici*, Ed. McGraw Hill-Italia.
2) E.S. Ventsel, *Teoria delle probabilità*, Edizioni Mir.

MATEMATICA APPLICATA LA **BO, cds: I**

Docente: **Barbara Lazzari** prof straord.

Fondamenti di calcolo delle probabilità

Eventi e insiemi. Assiomi di Kolmogorov. Probabilità congiunta, probabilità condizionata, indipendenza. Teorema della probabilità totale. Teorema di Bayes.

Variabili aleatorie

Variabili aleatorie discrete e continue. Funzione di ripartizione. Variabili aleatorie continue con densità. Caratteristiche numeriche delle variabili aleatorie: speranza matematica (media), varianza, scarto quadratico medio. Variabili aleatorie vettoriali: funzione di ripartizione, densità congiunta e densità marginale. Leggi condizionate di distribuzione, indipendenza. Caratteristiche numeriche, medie, matrice di varianza-covarianza, momenti. Variabili correlate e non correlate, matrice di correlazione.

Alcune distribuzioni notevoli

Schema di Bernoulli. Distribuzione uniforme, discreta e continua. Leggi binomiale, geometrica, di Poisson, esponenziale e normale. Relazioni fra alcune di loro e con altre distribuzioni connesse..

Funzioni di variabili aleatorie

Caratteristiche numeriche: rappresentazione della speranza matematica e della varianza, con applicazione ad alcuni casi notevoli (somma e prodotto di due variabili aleatorie, combinazione lineare di un numero arbitrario di variabili aleatorie, caso di variabili aleatorie indipendenti ed equidistribuite). Distribuzione di probabilità delle funzioni di una o più variabili aleatorie: generalità e casi notevoli (funzione di una variabile aleatoria, somma di due variabili aleatorie, composizione di leggi normali)

Leggi limite del Calcolo delle Probabilità

Successioni di variabili aleatorie: nozioni di convergenza. Disuguaglianza di Cebysev. Legge dei grandi numeri. Funzione caratteristica di variabili aleatorie, sua relazione con i momenti. Teorema limite centrale (per addendi con distribuzione comune).

Introduzione ai processi stocastici con elementi di analisi di Fourier

Processi stocastici, esempi. Descrizione, probabilità dei vari ordini. Medie statistiche. Funzione di autocorrelazione. Processi stazionari e stazionari in senso lato; processi ad incrementi indipendenti, processi di Markov. Processi normali. Medie temporali: processi ergodici. Processi di Poisson e di Wiener. Densità spettrale di potenza: teorema di Wiener-Khinchin.

Testi consigliati

D.M. CIFARELLI, *Introduzione al calcolo della probabilità* (Ed. McGraw-Hill Italia).
H. HSU, *Probabilità, variabili casuali e processi stocastici* (Ed. McGraw-Hill Italia).
E.S. VENTSEL, *Teoria delle probabilità* (Ed. Mir).

MATERIALI **BO, cds: M (A-L)**

Docente: **Paolo Colombo** prof. ass.

Classificazione dei materiali. Struttura dei vari tipi di materiali. Difetti statici di punto, di linea, di superficie e di volume. Trasformazioni di equilibrio e non equilibrio (cristallizzazione, trattamenti termici). Meccanismi di trasporto di materia: diffusione. Relazioni tra microstruttura e proprietà dei materiali. Proprietà meccaniche: deformazione elastica e plastica, incrudimento, processi di frattura. Metodi di prova e normativa. Diagramma di stato Fe-C.

Corrosione dei materiali metallici: corrosione umida e corrosione secca. Protezione.

Combustione e Combustibili convenzionali: studio termodinamico della combustione. Temperatura teorica di combustione, temperatura di fiamma. Caratteristiche dei combustibili naturali ed artificiali. Lubrificanti.

Le acque: proprietà chimiche e fisiche delle acque naturali. Trattamenti per renderle idonee all'impiego in circuiti di raffreddamento o come acque di alimentazione per caldaie

Materiali Polimerici: Materiali termoplastici e termoindurenti e loro proprietà. Vernici ed adesivi.

Testo consigliato:

Dispense delle lezioni (a disposizione presso la Biblioteca di Ingegneria)

Testi per consultazione:

AA.VV. (a cura di AIMAT), *Manuale dei Materiali per l'Ingegneria*, MacGraw-Hill Libri Italia s.r.l., Milano, 1996.
A. GIRELLI, *Trattato di Chimica Industriale ed Applicata*, Zanichelli.

Modalità di esame: prova scritta.

MATERIALI **BO, cds: M(L-Z)**
Docente: **Antonio Motori** prof. straord.

Scienza dei Materiali: Classificazione dei materiali. Struttura dei vari tipi di materiali. Difetti statici di punto, di linea, di superficie e di volume. Trasformazioni di equilibrio e non equilibrio (cristallizzazione, trattamenti termici). Meccanismi di trasporto di materia: diffusione. Relazioni tra microstruttura e proprietà dei materiali. Proprietà meccaniche: deformazione elastica e plastica, incrudimento, processi di frattura. Metodi di prova e normativa.

Acciai: Diagramma di stato Fe-C. Trattamenti termici degli acciai (ricottura, normalizzazione, bonifica). Corrosione dei materiali metallici: corrosione umida e corrosione secca. Protezione.

Materiali Polimerici: Meccanismi di polimerizzazione. Materiali termoplastici e termoindurenti. Proprietà dei polimeri.

Combustione e Combustibili convenzionali: studio termodinamico della combustione. Temperatura teorica di combustione, temperatura di fiamma. Caratteristiche dei combustibili naturali ed artificiali. Lubrificanti.

Le Acque: proprietà chimiche e fisiche delle acque naturali. Trattamenti per renderle idonee all'impiego in circuiti di raffreddamento o come acque di alimentazione per caldaie.

Testo consigliato:

Dispense delle lezioni (a disposizione presso la Biblioteca di Ingegneria)

Testi per consultazione:

W.D. CALLISTER JR., *Materials Science and Engineering: An Introduction*, J. Wiley and Sons Inc., New York, 2000.
AA.VV. (a cura di AIMAT), *Manuale dei Materiali per l'Ingegneria*, MacGraw-Hill Libri Italia s.r.l., Milano, 1996.
A. GIRELLI, *Trattato di Chimica Industriale ed Applicata*, Zanichelli.

Modalità di svolgimento dell'esame: prova scritta

MATERIALI POLIMERICI **BO, cds: Q**
Docente: **Andrea Saccani** prof. ass.

L'Insegnamento si prefigge lo scopo di fornire le conoscenze necessarie all'ingegnere nel settore dei materiali polimerici

Classificazioni e proprietà generali dei materiali polimerici. Cenni alle modalità di sintesi dei polimeri. Polimerizzazioni a catena (radicalica, anionica, cationica, stereospecifica) e a stadi. Polimeri ramificati e reticolati.

Concetti principali di struttura molecolare e microstruttura. Costituzione, configurazione e conformazione delle catene isolate ed in massa. Polimeri semicristalllini ed amorfi. Transizioni termiche (Tv e Tf) e relativi metodi sperimentali di misura. Effetto della struttura molecolare su Tv e Tf. Soluzioni di polimeri.

Proprietà meccaniche dei materiali polimerici: viscoelasticità e processi di rilassamento. Proprietà elettriche e dielettriche dei materiali polimerici. Normativa e prove.

Principi delle tecnologie di trasformazione dei materiali polimerici: cenni di reologia. Metodi di trasformazione: analisi dettagliata di una o più tecnologie di trasformazione.

Degradazione delle materie plastiche: meccanismi e prevenzione, metodi per la determinazione del tempo di vita. Processi di recupero delle materie plastiche.

Sono previste esercitazioni in laboratorio relative alla determinazione del peso molecolare, delle proprietà meccaniche e dielettriche dei materiali polimerici.

Bibliografia

A.A.V.V. *Macromolecole: scienze e tecnologia*, Pacini Ed. Voll. 1 e 2.
A.A.V.V. *Materiali polimerici strutturali*, Pacini Ed.
PAINTER C., CÓLEMAN M. *Fundamentals of polymer science*, Ed. Technomic.

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE L **BO, cds: G**
Docente: **Riccardo Rubini** ric.

LA COMPOSIZIONE DEI MECCANISMI. Macchina e meccanismo. Coppie cinematiche. Tipi di contatto fra elementi cinematici. Gradi di libertà delle coppie cinematiche. Catena cinematica e meccanismo. Gradi di libertà di un meccanismo piano. Gradi di libertà di un meccanismo nello spazio. Meccanismi con più di un grado di libertà.
FORZE AGENTI SULLE MACCHINE. Forze interne. Lavoro d'attrito. Definizione di rendimento. Rendimento di macchine disposte in serie e in parallelo. Moto retrogrado. Contatto di strisciamento fra solidi. Leggi che governano l'attrito di strisciamento. Attrito di strisciamento in condizioni di lubrificazione limite. Applicazione della legge di Coulomb. Il piano inclinato. La coppia rotoidale. La coppia elicoidale. L'usura e l'ipotesi del Reye. Applicazione dell'ipotesi del Reye alla coppia rotoidale di spinta. Contatto di rotolamento. Il comportamento delle ruote nella locomozione.
I SISTEMI ARTICOLATI. Richiami di cinematica del corpo rigido nel piano e nello spazio. Centro d'istantanea rotazione. Accelerazione dei punti di un corpo rigido nel piano. Analisi cinematica grafica del quadrilatero articolato e del manovellismo di spinta. Espressioni analitiche della velocità e accelerazione del corsoio del manovellismo di spinta centrato.
MECCANISMI CON SAGOME E CAMME. Meccanismi con sagoma e punteria. Meccanismi con camma e punteria. Meccanismi con camma e bilanciere. Determinazione del profilo della

camma. Comportamento statico delle camme.
RUOTE DENTATE E ROTISMI. Ruote dentate cilindriche ad evolvente: proporzionamento. Condizione di non interferenza. Rotismi ordinari. Rotismi epicicloidali. Differenziale a ruote coniche. Rapporti fra i momenti esterni agenti su di un rotismo.
ORGANI FLESSIBILI. Rigidezza degli organi flessibili. Pulegge fisse e mobili. Paranchi e loro rendimento.
RICHIAMI DI DINAMICA. Forze d'inerzia. Energia cinetica. Masse di sostituzione. Equazioni fondamentali della dinamica delle macchine.
VIBRAZIONI. Oscillazioni libere di un sistema ad un grado di libertà. Oscillazioni forzate di un sistema ad un grado di libertà. Isolamento delle oscillazioni. Proporzionamento delle sospensioni. Strumenti sismici.
EQUILIBRATURA DEGLI ALBERI ROTANTI. Squilibrio statico e dinamico. Metodi per l'esecuzione dell'equilibratura di un albero.
DINAMICA DELLE MACCHINE ALTERNATIVE. Equilibrio dinamico di una macchina alternativa. Compensazione delle forze d'inerzia. Energia cinetica di una macchina alternativa.
DINAMICA DEGLI IMPIANTI FUNZIONANTI IN CONDIZIONE DI REGIME PERIODICO. Grado d'irregolarità. Calcolo del momento d'inerzia del volano. Procedimento grafico-analitico per il calcolo del grado d'irregolarità e del volano.

ESERCITAZIONI: vengono svolte esercitazioni sui principali argomenti del corso, alcune di queste – opportunamente segnalate – devono essere svolte e riportate su apposito quaderno da presentare in sede d'esame.

Testo consigliato

E. Funaioli, A. Maggiore, U. Meneghetti, *Meccanica applicata alle macchine*, voll. 1 e 2, Ed. Patron, Bologna.

MECCANICA COMPUTAZIONALE DELLE STRUTTURE — BO, cds: D, C

Docente: **Francesco Ubertini** prof. ass.

L'Insegnamento è una introduzione ai metodi di calcolo delle strutture orientati all'elaborazione automatica, con riguardo agli aspetti concettuali, formali e operativi. Finalità specifica dell'insegnamento è rendere gli allievi idonei a procedere alla modellazione e alla analisi computazionale di problemi strutturali correnti, autonomamente o mediante l'impiego di codici di calcolo esistenti, e a interpretarne criticamente i risultati.

Programma

Analisi matriciale dei sistemi di travi in regime elastico lineare col metodo degli spostamenti. Strutture intelaiate piane e spaziali. Suddivisione e modellazione della struttura. Matrice di rigidezza e vettore dei carichi nodali equivalenti di una trave. Assemblaggio della struttura e imposizione delle condizioni di vincolo. Proprietà e procedure di risoluzione del sistema algebrico risolvente. Determinazione delle sollecitazioni. Problemi specifici: nodi di estensione finita, vincoli interni, vincoli elasticamente cedevoli, nodi semirigidi, strutture intelaiate con solai indeformabili nel proprio piano.

La costruzione della matrice di rigidezza e del vettore dei carichi nodali equivalenti di una trave: la procedura diretta, l'impiego del principio dei lavori virtuali complementare, la modella-

zione del campo di spostamenti e l'applicazione del principio dei lavori virtuali.

Aspetti formali dei problemi strutturali in campo elastico lineare. Le formulazioni agli spostamenti: operatoriale, variazionale (principio dei lavori virtuali) e di minimo (principio della minima energia potenziale totale). Proprietà e applicazioni ai casi dei più comuni modelli strutturali (travi rettilinee, lastre piane caricate nel proprio piano, lastre piane inflesse).

Metodi variazionali diretti, generalità. Il metodo di Galerkin, il metodo di Rayleigh-Ritz. Il metodo degli elementi finiti agli spostamenti.

La modellazione per elementi finiti delle travi rettilinee, delle lastre piane caricate nel piano, delle lastre inflesse spesse (alla Mindlin) e sottili (alla Kirchhoff), dei solidi tridimensionali. Vari tipi e famiglie di elementi finiti, la rappresentazione isoparametrica. Applicazioni.

Problemi di dinamica strutturale e di non-linearità geometrica: alcuni cenni.

Esercitazioni

L'Insegnamento è integrato da esercitazioni al calcolatore comprendenti lo svolgimento di temi assegnati e l'analisi di problemi strutturali mediante codici di calcolo professionali di impiego corrente.

Testi Consigliati

Durante lo svolgimento dell'insegnamento vengono indicati articoli su riviste o capitoli di libri, utili per l'approfondimento degli argomenti trattati.

M. Capurso, *Introduzione al Calcolo Automatico delle Strutture*, Ed. Cremonese, Roma, 1977.
G.A. Brebbia, J.J. Connor, *Fondamenti del Metodo degli Elementi Finiti*, Clup, Milano, 1978.
K.J. Bathe, E.L. Wilson, *Numerical Methods in Finite Element Analysis*, Prentiche-Hall, Inc., 1976.
O. Zienkiewicz, *The Finite Element Method in Engineering Science*, McGraw-Hill, 1977.
E. Hinton, D.R.J. Owen, *An Introduction to Finite Element Computations*, Pineridge Press, Swansea, U.K., 1979.

MECCANICA DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO — BO, cds: R, Q

Docenti: **Giovanni Brighenti** prof. ord.

L'Insegnamento è articolato in due parti. Nella prima vengono fornite le nozioni di base per lo studio unitario del moto dei fluidi nel sottosuolo.

La seconda fornisce le basi per lo studio degli acquiferi destinati al prelievo delle acque per uso civile, agricolo ed industriale con particolare riguardo alla loro gestione razionale, alla loro difesa dall'inquinamento ed alla protezione del territorio.

Prima parte

1 – Caratteristiche dei fluidi presenti nel sottosuolo. Caratteristiche del mezzo poroso. Il sistema matrice rocciosa-gas-liquidi. Leggi del moto nei mezzi porosi. Equazioni del moto monofasico. Equazioni del moto polifase di fluidi immiscibili.

2 – Trasporto di sostanze solubili.

3 – Moto nelle rocce fratturate e poroso-fratturate.

4 – Introduzione ai modelli numerici.

Seconda parte

1 – Elementi di idrogeologia. Prospezioni idrogeologiche.

2 – Criteri per la gestione razionale degli acquiferi.

3 – Subsidenza da emungimento di fluidi sotterranei.

4 – Inquinamento degli acquiferi. Criteri per la protezione delle acque sotterranee da sostanze solubili e da liquidi parzialmente solubili, ma formanti fase separata (NAPL).

Esami: orali.

Bibliografia

Appunti del docente (fotocopie)

BEAR J., BACHMAT Y. (1990): *Introduction to Modelling of Transport Phenomena in Porous Media*, Kluwer Academic Publ., Dordrecht, pp. 553.

BEAR J, CHING-FU TSANG & DE MARSILY G. (ed.) (1993) *Flow and Contaminant Transport in fractured Rock* Academic Press, inc San Diego.

CHARBENEAU & AL.- *Groundwater Remediation*, vol 8 (Technomic Publishing Co. Inc.

CERBINI G. (1992) *Il manuale delle acque sotterranee*. GEO-GRAPH s.n.c., Segrate.

CHIESA G. (1994) *Idraulica delle acque di falda*. Dario Flaccovio Ed., Palermo.

CONCAWE (1979): *Protection of Groundwater from Oil Pollution*, Rep. 3/79, Concawe, Den Haag, pp. 61.

CONCAWE (1983): *A Field Guide to Inland Oil Spill Clean-up Techniques*, Rep. 10/83, Concawe, Den Haag, pp. 104.

CONCAWE (1990): *European Soil and Groundwater Legislation: Implications for the Oil Refining Industry*, Rep. 4/90, Concawe,Brussels, pp. 62.

DE FRAJA FRANGIPANE E., ANDREOTTOLA G., TATANO F. (1994): *Recenti sviluppi nel settore dei criteri di qualità dei suoli*, p 1, 2, Ingegneria Ambientale, 23, pp. 246-262 and 346-360.

DI MOLFETTA A. (1995) *Determinazione delle caratteristiche idrodinamiche degli acquiferi e produttive dei pozzi mediante prove di pompaggio*. IGEA n. 4.

DRISCOLL F.G. (1989) *Groundwater and wells*. Johnson Filtration Systems Inc., St. Paul, Minnesota.

GENETIER B. (1993) *La pratica delle prove di pompaggio in idrogeologia*. Dario Flaccovio Ed., Palermo.

KINZELBACH - GROUNDWATER MODELING (Elsevier, 1986) Lancaster, 1992, ecc.).

KOBUS H., BARCZEWSKI B., KOSCHITZKY H-P eds. (1996): *Groundwater and Subsurface Remediation*, Springer, Berlin, pp. 337.

KRUSEMAN G.P. & DE RIDDER N.A. (1983) *Analysis and Evaluation of Pumping Test Data*. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen.

P. NOWAK (Editor), *Development in Hydraulich Engineering*, vol. 4. Elsevier, New York.

RUSSELL D.L. (1992): *Remediation Manual for Petroleum-Contaminated Sites*, Technomic, Lancaster, pp.175.

TESTA S.M., WINEGARDNER D.L. (1991): *Restoration of Petroleum-Contaminated Aquifers*, Lewis, Chelsea, pp. 269.

WALTON W.C. (1989) *Groundwater Pumping tests. Design & Analysis*. Lewis Publishers,Chelsea.

WALTON W.C. (1984): *Handbook of Analitical Ground Water Models*. International Ground Water Models Center, Indianapolis.

YONG R.N., MOHAMED A.M.O., WARKENTIN B.P. (1992): *Principles of Contaminant Transport in Soils*, Elsevier, Amsterdam, pp. 327.

MECCANICA DEI MATERIALI L **BO, cds: E**
Docente: **Lino Sciortino** ric.

L'insegnamento si propone di fornire i concetti di base delle meccanica dei materiali, le metodologie per l'analisi strutturale, per la progettazione e/o verifica di elementi strutturali.

Richiami di statica: forze concentrate e distribuite; operazioni sulle forze.
Richiami di "Geometria Delle Masse".
Il corpo rigido vincolato: elementi di analisi cinematica e statica per la definizione di labilità, isostaticità ed iperstaticità.
La trave: definizione; l'ipotesi di rigidità nello studio delle travi; i vincoli; i carichi e le razioni; l'azione interna e la curva delle pressioni; strutture isostatiche; strutture iperstatiche (cenni).
Meccanica dei solidi: definizione di tensioni e deformazioni; direzioni principali e componenti principali (di tensione e di deformazione).
Il solido elastico: le ipotesi fondamentali; la legge di Hooke; il lavoro di deformazione.
I materiali: materiali duttili e materiali fragili; criteri di crisi; criteri di sicurezza.
Analisi delle sollecitazioni nelle travi: postulato di Saint-Venant; sforzo assiale; flessione; pressoflessione; torsione e taglio; le verifiche di sicurezza.
Cenni relativi al fenomeno della "fatica"
Cenni relativi al "carico di punta".

Testi consigliati:

Appunti delle lezioni.
Verranno forniti ausili didattici da fotocopiare.

Esame: orale.

MECCANICA DEI ROBOT **BO, cds: M**
Docente: **Vincenzo Parenti Castelli** prof. ord.

L'Insegnamento si propone di fornire agli allievi gli strumenti necessari per l'analisi dei robot sia dal punto di vista teorico e sia dal punto di vista funzionale e applicativo.
In particolare vengono forniti gli strumenti di base per la definizione dei modelli matematici del manipolatore del robot e la definizione degli algoritmi fondamentali con i quali affrontare l'analisi cinematica, statica e dinamica del sistema robot(izzato). Vengono inoltre forniti gli strumenti per potere condurre la simulazione del sistema robotico, necessaria sia per la programmazione del robot sia per la sintesi degli algoritmi di controllo.

1. *Origini e storia dei robot*. Introduzione. Origini. Stato attuale della robotica. Classificazione generale dei robot. Obiettivo della robotica industriale. Problematiche di studio della robotica industriale.
2. *Struttura e caratteristiche generali dei robot*. Introduzione. Configurazione base di un robot. Il manipolatore. Il controllo. Sensori. Caratteristiche generali di un robot industriale.
3. *Matrici di trasformazione delle coordinate*. Introduzione. Posizione e orientamento di un corpo rigido e sistemi di riferimento. Matrici per la trasformazione delle coordinate. Rotazioni e traslazioni. Trasformazioni omogenee.

4. *Cinematica dei manipolatori.* Introduzione. Modello cinematico di un manipolatore. Matrici di Denavit-Hartenberg e Litvin. Equazioni cinematiche. Gradi di libertà. Problema cinematico diretto. Problema cinematico inverso. Relazioni differenziali del moto. Modello cinematico del moto istantaneo. Relazioni differenziali. Rotazioni e traslazioni infinitesime. Jacobiano di un manipolatore. Determinazione analitica dello jacobiano. Calcolo numerico dello jacobiano. Singolarità. Cinematica inversa: risoluzione della velocità. Manipolatori con gradi di libertà ridondanti: soluzione ottimale.

5. *Statica dei manipolatori.* Introduzione. Analisi delle forze e dei momenti. Bilanciamento di forze e momenti.

6. *Dinamica dei manipolatori.* Introduzione. Accelerazione di un corpo rigido. Formulazione delle equazioni del moto (Newton-Euler). Equazioni dinamiche in forma chiusa. Formulazione iterativa delle equazioni del moto. Interpretazione fisica delle equazioni dinamiche. Problema dinamico diretto. Problema dinamico inverso.

7. *Generazione della traiettoria.* Introduzione. Considerazioni generali sulla generazione e descrizione della traiettoria. Programmazione della traiettoria usando il modello dinamico.

8. *Controllo di posizione dei manipolatori.* Introduzione. Controllo di una massa ad un grado di libertà. Sistemi non lineari e tempo-varianti. Il problema del controllo per i manipolatori. Sistemi di controllo degli attuali robot industriali. Controllo adattivo.

9. *Controllo di forza dei manipolatori.* Introduzione. Applicazione dei robot industriali a compiti di assemblaggio. Sensori di forza. Problema del controllo ibrido di forza e posizione. Schemi di controllo degli attuali robot.

10. *Linguaggi e sistemi di programmazione dei robot.* Introduzione. I livelli di programmazione del robot. Requisiti di un linguaggio di programmazione.

11. *Attuatori dei robot industriali e trasmissione del moto.* Introduzione. Attuatori elettrici. Attuatori pneumatici. Attuatori idraulici. Riduttori harmonic-drive e altri. Elementi costruttivi delle coppie cinematiche.

12. *Criteri di impiego dei robot industriali.* Introduzione. Valutazione economica dell'impiego del robot industriale. Inserimento del robot nel processo produttivo. Casi di applicazione relativi ad operazioni di montaggio, di manipolazione e a processi tecnologici di lavorazione.

L'Insegnamento prevede alcune *esercitazioni* rivolte sia all'implementazione su calcolatore di algoritmi elaborati dagli studenti, sia ad attività di laboratorio condotte utilizzando i robot disponibili del Dipartimento.

Nota

Agli allievi dell'Insegnamento è data la possibilità di svolgere, oltre alle esercitazioni sopra indicate, brevi tesi attinenti all'insegnamento stesso. Tali tesi potranno eventualmente venire sviluppate come tesi di laurea.

Degli argomenti sviluppati durante l'insegnamento viene data ampia bibliografia.

Esame: scritto e orale.

Propedeuticità consigliata: Meccanica applicata alle macchine.

Tesi di laurea: prevalentemente sperimentali, ma anche numeriche o compilative, su argomenti trattati nell'insegnamento o su argomenti affini.

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE L **BO, cds: E**

Docente: **Giuseppe Catania** prof. ass.

Argomenti

1. **Macchine e meccanismi**. Definizioni. Modello meccanico. Analisi cinematica e dinamica. Gradi di libertà (gdl). Rendimento meccanico. Moto diretto e retrogrado.
2. **Analisi cinematica di meccanismi piani**. Modello cinematico: membri rigidi, coppie cinematiche elementari. Metodi analitici per l'analisi di posizione, velocità ed accelerazione. Il manovellismo di spinta. Il quadrilatero articolato. Applicazioni su modelli a catena chiusa, a catena aperta e misti.
3. **Analisi statica di meccanismi piani**. Le equazioni cardinali della statica. Modelli a membro libero. Reazioni vincolari nelle coppie cinematiche elementari. Effetto dell'attrito Coulombiano e di rotolamento. Usura. Metodi diretti analitici e grafici per l'analisi statica. Statica elementare dei veicoli su ruote. Principio di sovrapposizione degli effetti. Metodi energetici: il principio dei lavori virtuali. Influenza di vincoli elastici lineari.
4. **Meccanica delle vibrazioni**. Modello a parametri concentrati. Riduzione a modelli ad un gdl. Vibrazioni libere. Frequenza naturale f_n e rapporto di smorzamento ζ. Vibrazioni forzate. Isolamento dalle vibrazioni. Progetto di sospensioni e fondazioni. Massa sismica e misura delle vibrazioni. Determinazione sperimentale di f_n e ζ. Smorzatore dinamico di vibrazioni.
5. **Componenti ed organi di macchina**. Freno a ceppi flottanti. Ipotesi di Reye. La coppia rotoidale di spinta. Freni a disco, Freni ed innesti a frizione conici. Macchine di sollevamento. Trasmissione del moto mediante cinghie piatte e trapezoidali. Freni a nastro. Ingranaggi: analisi cinematica e profili ad evolvente. Rapporto di trasmissione, proporzionamento modulare. Ingranaggi cilindrici a denti diritti ed elicoidali, ingranaggi conici, ingranaggio a vite e ruota elicoidale (cenni). Taglio delle dentature (cenni). Forze trasmesse nelle dentature. Rotismi ordinari e planetari. Formula di Willis. Differenziale per trazione automobilistica. Giunti rigidi e flessibili; innesti. Giunto di Cardano: analisi cinematica. Cuscinetti volventi. Cuscinetti volventi. Rotori: velocità critiche dei rotori flessibili; equilibratura di rotori rigidi.
6. **Convenzioni e normative unificate del disegno meccanico**. Rappresentazione delle viste principali. Scelta delle viste. Viste in sezione., sezioni locali. Quotatura di particolari meccanici. Rappresentazione di tolleranze dimensionali e geometriche, e della rugosità delle superfici. Rappresentazione unificata delle filettature, delle rupte dentate, di profili scanalati. Collegamenti.

Riferimenti bibliografici:

E. FUNAIOLI, A. MAGGIORE, U. MENEGHETTI, *Lezioni di Meccanica applicata alle macchine*, Patron, Bologna, 1987, vol. I, II.

B. PAUL, *Kinematics and Dynamics of planar machinery*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. USA, 1979.

S. DOUGHTY, *Mechanics of Machines*, J. Wiley, New York, USA, 1988.

C. E. WILSON, J. P. SADLER, W. J. MICHELS, *Kinematics and Dynamics of Machinery*, Harper and Row, New York, USA, 1983.

W.T. THOMSON, *Theory of vibration with applications*, Chapman &Hall, London, UK, IV ed., 1993.

M.L. JAMES, G.M. SMITH, J.C. WOLFORD, P.W. WHALEY, *Vibration of Mechanical and Structural Systems*, Harper & Row, NY, USA, 1989.

SKF, *I cuscinetti volventi, quaderno SKF 1335-I*, Torino, 1989 (disponibili gratuitamente su prenotazione).

M. GRISERI, SKF, *Elementi di meccanica delle trasmissioni: calcolo degli sforzi sui sopporti, quaderno SKF 1160-I*, Torino 1996 (disponibili gratuitamente su prenotazione).
Manoscritti integrativi redatti dal docente.

MECCANICA DEGLI AZIONAMENTI L **BO, cds: M**
Docente: **Umberto Meneghetti** prof ord.

1. INTRODUZIONE
Gli azionamenti. Scelta del motore in base alla potenza. Accoppiamento motore-utilizzatore. Caratteristica meccanica. Funzionamento a regime. Transitorio di avviamento. Riduzione delle masse. Il problema della regolazione della velocità angolare.
2. TRASMISSIONI E AZIONAMENTI MECCANICI
Giunti: classificazione; giunti rigidi; giunto di Cardano; giunti mobili omocinetici; coppie secondarie; giunti flessibili; giunti torsionalmente cedevoli. Allineamento degli alberi; misura del disallineamento. Innesti: lavoro dissipato nella fase di innesto; innesti a frizione; transitorio di innesto. Giunto idraulico. Frenatura: transitorio di arresto; calcolo del momento frenante; energia dissipata. Trasmissioni con cinghie, con catene, con ruote dentate. Rotismi ordinari ed epicicloidali. Cambi. Motoriduttori. Scelta di un motoriduttore; esempi. Variatori meccanici continui. Scelta di un motovariatore; esempi. La progettazione del movimento; scelta della legge di moto. Camme e sistemi a camme. Meccanismi per moto intermittente. Meccanismi a ruota libera. Meccanismi a croce di Malta. Meccanismi per moto rettilineo. Viti a ricircolazione di sfere. Azionamenti oleoidraulici: caratteristiche fondamentali; pompe e motori idraulici rotativi; cilindri idraulici; altri componenti; schemi dei circuiti; regolazione.
3. MODELLAZIONE DEI SISTEMI MECCANICI. Modellazione a parametri concentrati. Modellazione elastodinamica. Esempi ed applicazioni.
4. ESERCITAZIONI. Il corso sarà affiancato da alcune esercitazioni con applicazioni numeriche degli argomenti svolti a lezione.

MECCANICA DELLE MACCHINE L **BO, cds: M**
Docente: **Alberto Maggiore** prof. ord.

Obbiettivo: Fornire le conoscenze di base per l'analisi funzionale delle macchine e dei meccanismi, con particolare riguardo ai problemi di tribologia, cinematica, cinetostatica e dinamica.

Programma del corso
1. Composizione dei meccanismi. Macchine e loro classificazione. Macchina e meccanismo. Elementi cinematici e coppie cinematiche. Gradi di libertà di un meccanismo nel piano e nello spazio.
2. Rendimento meccanico. Forze agenti sui membri di un meccanismo. Lavoro delle forze. Equazione dei lavori. Rendimento meccanico. Rendimento di macchine in serie e in parallelo. Moto retrogrado. Rendimento nel moto retrogrado.
3. Attrito e usura. Forze di contatto. Attrito di strisciamento. Lavoro delle forze d'attrito. Leggi dell'attrito. Teoria elementare dell'attrito di strisciamento. Lubrificazione limite. Attrito di rotolamento. Usura. Tipi di usura e leggi dell'usura. L'attrito nelle coppie cinematiche. Coppia prismatica, piano inclinato, coppia rotoidale, coppia elicoidale. Distribuzione delle pressioni di contatto: coppia rotoidale di spinta e coppia rotoidale portante. Applicazioni di elementi rotolanti.

Trasporto con rulli. Cuscinetti a rulli: analisi cinematica e distribuzione delle forze sui rulli. Comportamento delle ruote nella locomozione.
4. Lubrificazione. Tipi di lubrificazione. Giustificazione della portanza nella lubrificazione idrodinamica e nella lubrificazione fluidostatica.
5. I sistemi articolati piani. Applicazioni di cinematica: centro di istantanea rotazione, polari del moto, tracciamento di traiettorie. Analisi cinematica per via grafica del manovellismo di spinta e del quadrilatero articolato. Analisi cinetostatica per via grafica. Analisi cinematica per via analitica dei sistemi articolati. Analisi cinetostatica per via analitica dei sistemi articolati. Esempi di sistemi articolati e loro impieghi particolari. Manovellismo a croce, parallelogrammo articolato, pantografo, tecnigrafo, ginocchiera. Sintesi grafica del manovellismo di spinta e del quadrilatero articolato.
6. Ruote dentate. Tracciamento di profili coniugati. Profili ad evolvente. Proporzionamento delle dentature. Dentiera di riferimento. Arco d'azione e continuità del moto. Interferenza dei profili e condizione di non interferenza. Cenni sulla fabbricazione delle ruote dentate. Generazione per inviluppo. Rendimento delle ruote dentate cilindriche a denti dritti. Ruote dentate a denti elicoidali. Ruote dentate coniche. Coni primitivi. Primitive sferiche. Ruota conico-piana. Procedimento di Tredgold. Trasmissione fra assi sghembi. Coppia vite senza fine – ruota a denti elicoidali. Rotismi ordinari. Rapporto di trasmissione. Rotismi epicicloidali. Formula di Willis.
7. Organi flessibili. Gli organi flessibili. Puleggia fissa e puleggia mobile. Paranco. Paranco differenziale. Freni a nastro ordinari e differenziali. Rapporto fra le tensioni nei due rami. Forza necessaria per generare il momento frenante desiderato. Trasmissioni a cinghie piatte. Velocità dei rami di cinghia. Rapporto fra le tensioni nei due rami. Cinghie trapezoidali. Montaggio delle cinghie. Lunghezza della cinghia. Cenni sulla trasmissione a catena.
8. Dinamica delle macchine. Azioni d'inerzia risultanti in un membro rigido nel moto piano. Espressione generale dell'energia cinetica di un membro rigido nel moto piano. Dinamica del manovellismo di spinta. Azioni d'inerzia risultanti e loro equlibramento. Regime periodico e grado di irregolarità. Calcolo del momento d'inerzia del volano.
9. Vibrazioni meccaniche. Sistemi vibranti e loro modellazione. Vibrazioni libere e forzate di un sistema vibrante smorzato con un solo grado di libertà. Risposta armonica. Eccitazione proporzionale al quadrato della pulsazione. Sospensione di una massa vibrante. Sospensioni sismiche. Sismografo e accelerometro.
10. Dinamica dei rotori. Squilibrio statico e dinamico di un rotore. Equilibramento su due piani. Risposta del rotore di Jeffcott allo squilibrio statico. Velocità critica flessionale.

Testo consigliato

E. FUNAIOLI, A. MAGGIORE, U. MENEGHETTI, *Lezioni di Meccanica applicata alle macchine*, Vol. I e Vol. II. Pàtron Editore, Bologna.

MECCANICA DELLE ROCCE **BO, cds: R, C**
Docente: **Amos Paretini** prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento:
Dare agli allievi gli elementi fondamentali di calcolo per valutare con l'ausilio di prove di laboratorio ed in sito le caratteristichc geomeccaniche del materiale roccioso e degli ammassi, lo stato di tensione indotto nel terreno da scavi sotterranei ed a cielo aperto, il grado di stabilità e di resistenza delle varie strutture in roccia.

1. Generalità sulla meccanica delle rocce – La complessità delle rocce dovuta alla diversa composizione chimica e mineralogica ed alla presenza di discontinuità su piccola e grande scale – Distinzione tra materiale roccioso ed ammasso roccioso.

2. La meccanica dei mezzi continui – Analisi delle sollecitazioni attorno ad un punto. Il caso delle sollecitazioni in due dimensioni. Rappresentazione grafica di uno stato piano di tensione mediante i cerchi di Mohr. Le equazioni di equilibrio – Analisi delle deformazioni infinitesimali in due dimensioni. I cerchi di Mohr di deformazione. Le equazioni di compatibilità.

3. Le leggi costitutive del materiale roccioso – Materiale omogeneo, isotropo ed elastico lineare: leggi di Hooke e costanti elastiche – Modelli reologici per materiale omogeneo, isotropo e viscoelastico lineare – Materiale elastoplastico – Materiale perfettamente plastico.

4. Metodi di soluzione analitica dei problemi di meccanica del continuo. La soluzione di problemi elastici piani mediante l'uso della funzione di sollecitazione di Airy in coordinate polari – Il metodo di Greenspan per l'analisi delle sollecitazioni tangenziali al contorno di aperture singole e multiple – Il problema elastoplastico ed i criteri di plasticità. Il caso del tunnel circolare in roccia elastoplastica con campo di sollecitazione idrostatico.

5. La determinazione in laboratorio delle caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale roccioso – Le prove di compressione monoassiale e triassiale – Prove di taglio diretto – La prova di trazione monoassiale – Le prove di compressione diametrale di dischi ed anelli – Le prove a carico costante – L'influenza del grado di saturazione e della pressione interstiziale sulle caratteristiche di resistenza e deformabilità – L'anisotropia delle rocce – La classificazione del materiale roccioso.

6. I criteri di rottura: il criterio della massima trazione; il criterio del massimo sforzo di taglio; il criterio di Mohr; il criterio di Coulomb-Mohr; il criterio di Griffith.

7. Lo studio dell'ammasso roccioso – I diversi tipi di indagine – La rappresentazione grafica dei dati geologici mediante l'uso di diagrammi stereografici polari ed equatoriali – Gli indici di qualità della roccia – La determinazione delle caratteristiche di deformabilità dell'ammasso con metodi statici e dinamici – La determinazione delle caratteristiche di resistenza dell'ammasso – Le prove di taglio diretto in sito – Le caratteristiche di permeabilità dell'ammasso. I metodi di misura della permeabilità in sito. La misura della pressione neutra con piezometri idraulici a circuito aperto ed a circuito chiuso – La classificezione dell'ammasso roccioso: classificazioni di Terzaghi, di Mueller, di Deere; classificazioni RMR-System di Bieniawski, Q-System di Barton, SMR-System di Romana.

8. La misura dello stato di sollecitazione negli ammassi rocciosi: i metodi dei martinetti idraulici piatti, del deformometro circolare, e delle cellette estensimetriche.

9. I metodi per il calcolo delle strutture in roccia – Applicazione del metodo dell'equilibrio limite nell'analisi di stabilità di scarpate. Effetto dell'acqua in quiete e dell'acqua in moto sulle condizioni di stabilità delle scarpate. Verifiche di stabilità nel caso di superfici di scivolamento piane, a cuneo e circolari. L'uso di diagrammi per le verifiche di stabilità. La localizzazione del centro del cerchio di scivolamento critico e della frattura di tensione critica. Il metodo di Janbu per le verifiche di stabilità in presenza di superfici di scivolamento di forma qualsiasi.

10. La stabilizzazione di strutture in roccia mediante la tecnica del bullonaggio – La stabilizzazione dei pendii in frana mediante il drenaggio delle acque – Il consolidamento di rocce fratturate e di terreni incoerenti mediante la tecnica delle iniezioni – L'impiego dei geotessili in campo geotecnico ed idraulico – Le moderne tecniche bioingegneristiche per il consolidamento, la sistemazione ed il recupero di pareti di scavo in condizioni difficili e di masse rocciose e terrose in franamento.

Testi consigliati:

Appunti del Docente.

S.D. WOODRUFF, *Working Coal And Metal Mines*, Vol. I.
OBERT-DUVAL, *Rock Mechanics And The Design Of Structures In Rock.*
C. JAEGER, *Rock Mechanics And Engineering.*
M. PANET, *La Mecanique Des Roches Appliquee Aux Ouvrages Du Genie Civil.*
E. HOEK, J.W. BRAY, *Rock Slope Engineering.*
A.R. JUMIKIS, *Rock Mechanics.*
Z. T. BIENIAWSKI, *Engineering Rock Mass Classification.*

L'*esame* consiste in una prova orale con richiami ad applicazioni pratiche.
Propedeuticità consigliate: Scienza delle costruzioni, Geologia.
Tesi di laurea: indirizzo teorico ed applicativo.

MECCANICA DELLE ROCCE L **BO, cds: R**
Docente: **Amos Paretini** prof. ass.

1. Obiettivi della meccanica delle rocce. Tipi di rocce e loro composizione. Fattori naturali influenzanti il comportamento dei materiali rocciosi. Distinzione tra materiale roccioso ed ammasso roccioso.

2. Cenni sull'analisi delle tensioni e delle deformazioni attorno ad un punto. Cerchi di Mohr. Equazioni di equilibrio ed equazioni di compatibilità. Richiami sulla teoria dell'elasticità. Soluzione di problemi elastici piani mediante l'uso della funzione di sollecitazione di Airy in coordinate polari. Distribuzione delle sollecitazioni tangenziali al contorno di aperture singole e multiple in lastra infinita. Comportamento non elastico dei materiali rocciosi. Modelli reologici. Criteri di plasticità. Il caso del tunnel circolare in roccia elastoplastica.

3. Determinazione in laboratorio delle caratteristiche di resistenza e deformabilità dei materiali rocciosi. Modalità esecutive delle prove di compressione monoassiale e triassiale, della prova di trazione monoassiale, della prova "brasiliana", della prova di taglio diretto, delle prove a carico costante. Caratteristiche volumetriche di una roccia. Influenza del grado di saturazione e della pressione interstiziale sulle caratteristiche di resistenza e deformabilità. Sollecitazioni efficaci. Anisotropia delle rocce. Classificazione del materiale roccioso.

4. Criteri di rottura di Tresca, di Mohr, di Coulomb-Mohr e di Griffith.

5. Indagini in sito per lo studio dell'ammasso roccioso. Diagrammi stereografici polari ed equatoriali. Indici di qualità dell'ammasso. Determinazione delle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dell'ammasso. Prove di taglio diretto in sito. Determinazione delle caratteristiche di permeabilità dell'ammasso. Misura della pressione neutra. Classificazione dell'ammasso roccioso.

6. Misura dello stato di sollecitazione naturale negli ammassi rocciosi. Metodo dei martinetti idraulici piatti, del deformometro circolare, delle cellette estensimetriche.

7. Applicazioni del metodo dell'equilibrio limite nell'analisi di stabilità di strutture in roccia. Effetti dell'acqua in quiete e dell'acqua in moto. I casi di superfici di scivolamento piane, a cuneo, circolari e di forma qualsiasi. Uso di diagrammi per le verifiche di stabilità di scarpate e pendii naturali.

Testi consigliati

BARLA G., *Meccanica delle Rocce*, vol. I-II.
OBERT L., DUVALL W.I., *Rock Mechanics and the Design of structures in Rock.*

HOEK E., BRAY J.W., *Rock Slope Engineering.*
JUMICHIS A.R., *Rock Mechanics.*
BIENIAWSKI Z.T., *Engineering Rock Mass Classification.*

MECCANICA DELLE STRUTTURE LA-LB **BO, cds: C**

Docenti **Erasmo Viola** prof. ord.
Giovanni Pascale prof. ass.

L'insegnamento intende ampliare le ipotesi, le conoscenze e le metodologie di analisi assunte nel Corso di Scienza delle Costruzioni L.

Argomenti trattati:
- stati piani di tensione e di deformazione;
- elementi di analisi matriciale delle strutture;
- introduzione al calcolo non lineare delle strutture;
- elementi di sicurezza strutturale e analisi probabilistica delle strutture;
- cenni di modellazione delle azioni;
- fondamenti di dinamica delle strutture;
- monitoraggio e diagnostica strutturale.

MECCANICA RAZIONALE **BO, cds: D**

Docente: **Tommaso Antonio Ruggeri** prof. ord.

Calcolo Vettoriale

Componente cartesiana di un vettore - Prodotto di uno scalare per un vettore - Somma di vettori - Prodotto scalare, vettoriale e misto - Doppio prodotto vettoriale - Vettori applicati - Risultante di un sistema di vettori - Momento polare, momento assiale - Asse centrale - Coppie - Opreazioni elementari - Riduzione di un sistema di vettori applicati- Sistemi piani di vettori- Sistemi di vettori paralleli - Vettori funzione -Operatori matriciali- Elementi di geometria differenziale delle curve.

Cinematica del punto

Velocità, accelerazione e loro proprietà - Spostamenti elementari ed effettivi - Moti piani - Formule di Binet.

Cinematica dei sistemi rigidi

Moto rigido - Equazioni cartesiane di un moto rigido - Angoli di Eulero- Formule di Poisson - Velocità angolare- Legge di distribuzione delle velocità, delle accelerazioni e degli spostamenti elementari - Classificazione e proprietà caratteristiche dei moti rigidi - Atti di moto.

Cinematica relativa

Teorema di addizione delle velocità - Teorema di derivazione relativa - Teorema di Coriolis - Mutuo rotolamento di due superfici rigide - Traiettorie polari nei moti rigidi piani.

Cinematica dei sistemi vincolati

Vincoli e loro classificazione - Rappresentazione analitica - Spostamenti possibili e virtuali.

Baricentri e momenti d'inerzia

Concetto di massa - Baricentro di un sistema particellare e continuo - Teoremi di ubicazione del baricentro - Definizione di momento d'inerzia - Teorema di Huygens -Steiner - Momento di inerzia rispetto ad assi concorrenti - Ellissoide d'inerzia - Giroscopi.

Cinematica delle masse

Quantità di moto - Momento della quantità di moto - Energia cinetica - Teorema del baricentro e teoremi di Koenig.

Lavoro

Definizione di lavoro elementare ed effettivo - Lavoro per un cammino finito- Forze conservative - Sistemi di forze e lavoro di un sistema di forze - Lavoro nel caso di corpi rigidi e di sistemi olonomi.

Principi della meccanica

Principio di inerzia - Principio di proporzionalità tra forza e accelerazione - Principio di azione e reazione - Principio del parallelogramma delle forze - Postulato delle reazioni vincolari - Principio di relatività galileiana - Principio di gravitazione universale.

Statica

Equilibrio di un punto materiale - Equazioni di un punto vincolato su una superficie - Meccanica terrestre: peso - Equazioni cardinali della statica - Principio delle reazioni vincolari - Principio dei lavori virtuali - Stabilità dell'equilibrio - Diagramma di biforcazione - Equilibrio di un sistema olonomo.

Meccanica delle travi e dei fili

Equazioni cardinali della statica delle travi - Alcuni problemi di equilibrio delle travi - Equilibrio dei fili - Filo fortemente teso su una superficie - Curva dei ponti sospsesi - Catenaria omogenea.

Dinamica del punto

Problemi analitici della dinamica del punto - Integrali primi delle equazioni di moto - Moto dei gravi - Oscillatori armonici, smorzati, forzati - Risonanza - Pendolo semplice - Punto mobile su una superficie prestabilita e su una traiettoria assegnata - Moti centrali - Problema dei due corpi - Deviazione dei gravi verso oriente.

Dinamica dei corpi rigidi

Equazioni di Eulero - Principio dell'effetto giroscopico - Moti alla Poinsot - Moto di un corpo rigido con un asse fisso.

Elementi di meccanica analitica

Principio di d'Alembert - Equazioni di Lagrange - Piccole oscillazioni nell'intorno di una posizione di equilibrio stabile.

Elementi di meccanica dei sistemi continui

Cenni di calcolo tensoriale in spazi euclidei - Tensore di deformazione - Equazione di continuità - Tetraedro e formula di Cauchy - Equazioni indefinite della meccanica dei continui - Equazioni costitutive per piccole deformazioni - Fluidi perfetti.

Testi consigliati:

Teoria

A. STRUMIA, *Meccanica Razionale*, Nautilus, Bologna.
G. GRIOLI, *Lezioni di Meccanica Razionale*, Cortina, Padova.
M. FABRIZIO, *La Meccanica Razionale e i suoi Metodi Matematici*, Zanichelli, Bologna.

Esercizi

A. MURACCHINI, T. RUGGERI, L. SECCIA, *Esercizi e temi d'esame di Meccanica Razionale*, Progetto Leonardo Esculapio, Bologna.
A. MURACCHINI, T. RUGGERI, L. SECCIA, *Esercitazioni di Meccanica Razionale con Matlab e Simulink*, Progetto Leonardo Esculapio, Bologna.

Appendici

T. RUGGERI, *Appunti di Meccanica Razionale: Richiami di Calcolo Vettoriale e Matriciale*, Pitagora, Bologna.

MECCANICA RAZIONALE L **BO, cds: M (A-L)**

Docente: **Barbara Lazzari** prof. straord.

Cinematica dei sistemi materiali

Vincoli e sistemi olonomi.
Cinematica dei sistemi rigidi: angoli di Eulero, moto ed atto di moto traslatorio, rotatorio ed elicoidale, teorema di Mozzi.
Cinematica dei moti relativi: teorema di composizione delle velocità e delle accele-razioni.
Moti rigidi piani: centro di istantanea rotazione, base e rulletta.

Statica e dinamica del punto

Concetti di massa e forza.
Principi della dinamica newtoniana.
Statica e dinamica del punto materiale libero. Teorema delle forze vive. Integrali primi. Ap-plicazioni.
Statica e dinamica del punto materiale vincolato. Principio delle reazioni vincolari.
Metodo di Weierstrass, diagrammi di fase, stabilità ed applicazioni.

Geometria delle Masse

Baricentro di un sistema materiale.
Momenti d'inerzia, elissoide di inerzia, teorema di Huygens.

Statica e dinamica dei Sistemi Materiali

Quantità di moto, momento della quantità di moto, energia cinetica.
Equazioni Cardinali, teorema delle forze vive e di conservazione dell'energia meccanica. Integrali primi. Applicazioni ai sistemi rigidi.

Cenni di Meccanica Analitica.

Relazione simbolica della statica e della dinamica.
Condizioni per l'equilibrio per sistemi olonomi. e applicazioni.
Equazioni di Lagrange ed applicazioni.

Stabilità
Definizione di stabilità dell'equilibrio. Teorema di Dirichlet.

Testo adottato:

M. FABRIZIO, *Elementi di Meccanica Classica*, Zanichelli. Bologna (2002).

Testi di esercizi consigliati:

F. BAMPI, M. BENATI, A. MORRO, *Problemi di Meccanica Razionale*, Ecig, Genova
A. MURACCHINI, T. RUGGERI, L. SECCIA, *Laboratorio di Meccanica Razionale*, Esculapio, Bologna.

MECCANICA RAZIONALE L **BO, cds: E, N, U**
Docente: **P. Paolo Abbati Marescotti** prof. ord.

Contenuto del corso:
Presentazione, con alcune applicazioni significative, dello schema lagrangiano per i sistemi con un numero finito di variabili di stato. La formulazione in termini di bilanci energetici che lo caratterizza risulta particolarmente idonea alla'estensione dall'ambito dei sistemi meccanici a quello dei circuiti elettrici e dei sistemi elettromeccanici.

Obiettivo formativo specifico:
Buona capacità di costruire modelli matematici per sistemi meccanici con pochi gradi di libertà, di riconoscere le proprietà di comportamento più rilevanti (equilibrio, periodicità, stabilità,) e di ricavarne corrette approssimazioni locali (linearizzazione).

Richiami e complementi di cinematica Rappresentazione cartesiana, polare piana ed intrinseca delle grandezze cinematiche. Operatore di rotazione nel piano. Coordinate polari sferiche. Rappresentazione di uno spostamento rigido; matrice di rotazione. Moti rigidi: legge di distribuzione delle velocità, velocità angolare. Moti relativi; teorema di composizione delle velocità e degli atti di moto, composizione delle accelerazioni.

Bilancio energetico Teoremi generali della dinamica dei sistemi (richiami),Teorema dell'energia cinetica. Potenza di un sistema di forze, lavoro, potenziale. Forze dissipative, forze giroscopiche. Rappresentazione della potenza per un sistema rigido. Momenti e matrice d'inerzia; rappresentazione dell'energia cinetica per un sistema rigido.

Meccanica lagrangiana Sistemi vincolati. Gradi di libertà, coordinate lagrangiane, vincoli olonomi. Velocità e spostamenti virtuali; vincoli ideali. Vincoli con attrito. Principio dei lavori virtuali. Equazioni simboliche della statica e della dinamica. Equazioni di Lagrange: caso conservativo, funzione di dissipazione, potenziale generalizzato

Applicazioni Soluzioni di equilibrio, soluzioni periodiche. Integrali primi. Stabilità e instabilità dell'equilibrio: nozione e criteri di stabilità. Analisi qualitativa dei sistemi con un grado di libertà; biforcazione dell'equilibrio. Linearizzazione delle equazioni nell'intorno di una soluzione di equilibrio e di una soluzione periodica. Oscillatore lineare, libero e forzato. Piccole oscillazioni nei sistemi conservativi. Effetto delle forze dissipative e giroscopiche; forze periodiche: risonanza e antirisonanza.

Estensione a sistemi elettromeccanici (esempi).

Testi consigliati:

C. CERCIGNANI: *Spazio, tempo, movimento.* Zanichelli.

Durante il corso verranno svolte prove scritte intermedie; la prova d'esame è orale (preceduta da una prova scritta per i soli studenti con prove intermedie mancanti o mediamente insufficienti).

MECCANICA RAZIONALE L **BO, cds: C**

Docente: **Tommaso Antonio Ruggeri** prof. ord.

Calcolo Vettoriale

Componente cartesiana di un vettore - Prodotto di uno scalare per un vettore - Somma di vettori - Prodotto scalare, vettoriale e misto - Doppio prodotto vettoriale - Vettori applicati - Risultante di un sistema di vettori- Momento polare, momento assiale - Asse centrale - Coppie - Opreazioni elementari -Riduzione di un sistema di vettori applicati- Sistemi piani di vettori- Sistemi di vettori paralleli - Vettori funzione -Operatori matriciali- Elementi di geometria differenziale delle curve.

Cinematica del punto

Velocità, accelerazione e loro proprietà - Spostamenti elementari ed effettivi - Moti piani.

Cinematica dei sistemi rigidi

Moto rigido - Equazioni cartesiane di un moto rigido - Angoli di Eulero- Formule di Poisson - Velocità angolare- Legge di distribuzione delle velocità, delle accelerazioni e degli spostamenti elementari - Classificazione e proprietà caratteristiche dei moti rigidi - Atti di moto.

Cinematica relativa

Teorema di addizione delle velocità - Teorema di derivazione relativa - Teorema di Coriolis - Mutuo rotolamento di due superfici rigide - Traiettorie polari nei moti rigidi piani.

Cinematica dei sistemi vincolati

Vincoli e loro classificazione - Rappresentazione analitica - Spostamenti possibili e virtuali.

Baricentri e momenti d'inerzia

Concetto di massa - Baricentro di un sistema particellare e continuo - Teoremi di ubicazione del baricentro - Definizione di momento d'inerzia - Teorema di Huygens -Steiner - Momento di inerzia rispetto ad assi concorrenti - Ellissoide d'inerzia - Giroscopi.

Cinematica delle masse

Quantità di moto - Momento della quantità di moto - Energia cinetica - Teorema del baricentro e teoremi di Koenig.

Lavoro

Definizione di lavoro elementare ed effettivo - Lavoro per un cammino finito- Forze conservative - Sistemi di forze e lavoro di un sistema di forze - Lavoro nel caso di corpi rigidi e di sistemi olonomi.

Principi della meccanica

Principio di inerzia - Principio di proporzionalità tra forza e accelerazione - Principio di azione e reazione - Principio del parallelogramma delle forze - Postulato delle reazioni vincolari - Principio di relatività galileiana - Principio di gravitazione universale.

Statica

Equilibrio di un punto materiale - Equazioni di un punto vincolato su una superficie - Meccanica terrestre: peso - Equazioni cardinali della statica - Principio delle reazioni vincolari - Principio dei lavori virtuali - Stabilità dell'equilibrio - Diagramma di biforcazione - Equilibrio di un sistema olonomo.

Meccanica delle travi e dei fili

Equazioni cardinali della statica delle travi - Alcuni problemi di equilibrio delle travi - Equilibrio dei fili - Filo fortemente teso su una superficie - Curva dei ponti sospsesi - Catenaria omogenea.

Dinamica del punto

Problemi analitici della dinamica del punto - Integrali primi delle equazioni di moto - Moto dei gravi - Oscillatori armonici, smorzati, forzati - Risonanza - Pendolo semplice - Punto mobile su una superficie prestabilita e su una traiettoria assegnata - Moti centrali - Problema dei due corpi - Deviazione dei gravi verso oriente.

Dinamica dei corpi rigidi

Equazioni di Eulero - Principio dell'effetto giroscopico - Moti alla Poinsot - Moto di un corpo rigido con un asse fisso.

Elementi di meccanica analitica

Principio di d'Alembert - Equazioni di Lagrange - Piccole oscillazioni nell'intorno di una posizione di equilibrio stabile.

Testi consigliati:

Teoria

A. STRUMIA, *Meccanica Razionale*, Nautilus, Bologna.
G. GRIOLI, *Lezioni di Meccanica Razionale*, Cortina, Padova.
M. FABRIZIO, *La Meccanica Razionale e i suoi Metodi Matematici*, Zanichelli, Bologna.

Esercizi

A. MURACCHINI, T. RUGGERI, L. SECCIA, *Esercizi e temi d'esame di Meccanica Razionale*, Progetto Leonardo Esculapio, Bologna.
A. MURACCHINI, T. RUGGERI, L. SECCIA, *Esercitazioni di Meccanica Razionale con Matlab e Simulink*, Progetto Leonardo Esculapio, Bologna.

Appendici

T. RUGGERI, *Appunti di Meccanica Razionale: Richiami di Calcolo Vettoriale e Matriciale*, Pitagora, Bologna.

METODI E MODELLI PER IL SUPPORTO ALLE DECISIONI — BO, cds: G

Docente: **Alberto Caprara** prof. ass.

Il corso si propone di illustrare i modelli matematici più frequentemente adottati nell'organizzazione e gestione di sistemi complessi ed i metodi generali per la loro risoluzione. L'enfasi del corso è soprattutto sull'aspetto modellistico, mentre le metodologie risolutive (tipicamente disponibili sotto forma di software commerciale e public domain) non verranno descritte in grande dettaglio. Questa è la differenza sostanziale rispetto al corso di Ottimizzazione Combinatoria (in cui la parte algoritmica è predominante). Una buona parte del corso sarà dedicata all'illustrazione di applicazioni reali, partendo dalla descrizione (vaga) a parole del problema ed arrivando ad una sua formalizzazione matematica.

Introduzione:

Il processo decisionale. Teoria delle decisioni, analisi decisionale.

Richiami del corso di Ricerca Operativa: programmazione lineare, programmazione lineare intera, grafi, complessità.

Algoritmi di tipo esatto ed euristico.

1. Problemi fondamentali di ottimizzazione combinatoria

– Problemi "facili": flusso massimo, flusso a costo minimo, assegnamento, matching, arborescenza. Interpretazione come problemi di programmazione lineare.

– Problemi "difficili": clique, coloring, set packing, set covering, set partitioning, commesso viaggiatore, knapsack, bin packing, facility location. Modelli di programmazione lineare intera.

2. Metodologie risolutive per problemi di programmazione lineare e lineare intera

– Richiami sull'algoritmo del simplesso e sul branch-and-bound. Algoritmi euristici basati sul rilassamento continuo.

– Modelli "forti" e "deboli". Metodi generali per definire modelli "forti". Implicazioni sulla risoluzione dei problemi.

– Modelli con un numero esponenziale di variabili e/o vincoli. Separazione e generazione di colonne. Formulazioni equivalenti compatte.

3. Applicazioni a problemi reali

– Problemi di turnazione del personale in aziende di trasporto e call center. Decomposizione del problema in fasi e soluzione di ciascuna fase.

– Problemi di trasporto merci. Il problema del vehicle routing e sue generalizzazioni.

– Problemi di taglio mono e bidimensionale. Varianti e corrispondenti modelli matematici.

Esame: esercizi proposti dal docente da svolgere a casa su calcolatore e prova orale.

Testi consigliati

– appunti delle lezioni.
– dispense a cura del docente.

Testi per la consultazione

A. Agnetis, C. Arbib, M. Lucertini, S. Nicoloso, *Il Processo Decisionale*, La Nuova Italia Scientifica, 1992.

G. GHIANI, R. MUSMANNO, *Modelli e Metodi per l'Organizzazione dei Sistemi Logistici*, Pitagora, 2000.
C. VERCELLIS, *Modelli e Decisioni*, Progetto Leonardo, 1997.
L. WOLSEY, *Integer Programming*, Wiley, 1998.

Propedeuticità consigliate: Ricerca Operativa.

METODI NUMERICI PER I REATTORI NUCLEARI

BO, cds: N

Docente: **Vittorio Colombo** prof. straord.

Descrizione dell'Insegnamento

L'Insegnamento si propone di descrivere i metodi numerici e le tecniche di analisi numerica di maggiore importanza nell'ambito dell'ingegneria nucleare. La maggior parte dei metodi descritti risulta finalizzata alle applicazioni tipiche della fisica dei reattori nucleari e dei plasmi indutriali, non trascurando le possibilità di applicazione ad altri settori dell'ingegneria.

Programma

1) Metodi numerici alle differenze finite per la risoluzione delle equazioni della diffusione dei neutroni e del calore: metodi di discretizzazione spaziale ad una e più dimensioni; metodi iterativi e diretti per la soluzione numerica delle equazioni discretizzate; analisi della convergenza ed ottimizzazione; equazioni di diffusione dei neutroni a multigruppi energetici; iterazioni interne ed esterne.

2) Applicazione dei metodi variazionali a problemi di neutronica: trasformazione di equazioni differenziali in equazioni funzionali; metodi di Ritz e dei residui pesati; metodi agli elementi finiti e metodi "coarse mesh" per la diffusione dei neutroni.

3) Metodi numerici per la soluzione di problemi agli autovalori per la formulazione integrale ed integro-differenziale dell'equazione del trasporto dei neutroni; cenni ai problemi di cinetica neatronica in approssimazione puntiforme e metodi di calcolo relativi.

4) Metodi alle ordinate discrete per la soluzione dell'equazione del trasporto per i neutroni: metodi di discretizzazione spazio angolare; metodo delle collisioni successive: analisi della convergenza e metodi di sintesi per la accelerazione; metodi di accelerazione modificati in caso di scattering fortemente anisotropizzante.

5) Introduzione alla fisica e alla modellizzazione numerica di sorgenti di plasma per uso industriale: scariche in radiofrequenza di tipo capacitivo in plasmi a bassa pressione e bassa temperatura; caratterizzazione fisica dei plasmi di processo; descrizione dei vari tipi di reattore; settori tipici di applicazione; modellizzazione fisica e numerica delle sorgenti di plasma di tipo torcia ad induzione; caratterizzazione fisica dei plasmi termici; descrizione dei vari tipi di sorgenti di plasma; settori tipici di applicazione.

Esercitazioni

Le lezioni teoriche saranno integrate da esercitazioni al calcolatore per lo sviluppo di applicazioni e programmi numerici concernenti gli argomenti del corso. Parte delle esercitazioni teoriche concerne problemi tipici di calcolo numerico la cui risoluzione si rende indispensabile per le applicazioni fisiche proposte: soluzione di sistemi lineari, integrazione numerica, problemi agli autovalori, ricerca di radici di equazioni, approssimazione di dati e di funzioni.

Bibliografia

B. MONTAGNINI, *Lezioni di Fisica del Reattore Nucleare*, Università di Pisa, 1983.
C.H.T. BAKER, *The Numerical Treatment of Integral Equations*, Clarendon Press, Oxford, 1978.
S. NAKAMURA, *Computational Methods in Engineering and Science*, Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1986.
Y. RONEN, *Handbook of Nuclear Reactor Calculations*, CRC Press, Boca Raton, 1986.
E. ISAACSON, H.B. KELLER, *Analysis of Numerical Methods*, John Wiley & Sons, 1966.
S.V. PATANKAR, *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, Hemisphere Publishing Company, 1980.
M. BOULOS, P. FAUCHAIS, E. PFENDER, *Thermal Plasmas*, vol. I, Plenum Press, New York, 1994.
J.R. ROTH, *Industrial Plasma Engineering*, vol. I, TOP Publishing, Bristol, 1995.

METODI NUMERICI PER LA GRAFICA LS — BO, cds: L, I

Docente: **Serena Morigi** ric.

Programma del corso

Introduzione alla grafica al calcolatore: modellazione e resa.

Il sistema X Window, programmazione X Window, programmazione con la libreria di grafica avanzata OpenGL. Dispositivi di input/output. Tecniche avanzate di input 3D.

Geometria per la computer graphics. Trasformazioni geometriche 2D/3D, trasformazione window-viewport, trasformazioni di vista, proiezioni prospettica e parallela. Algoritmi di grafica di base, algoritmi di clipping, algoritmi di scan conversion, algoritmi di rendering, ray tracing. Modelli di illuminazione e algoritmi di shading. Texture mapping e bump mapping. Gestione del colore.

Modelli poligonali 2D/3D. Curve e superfici in forma parametrica, modellazione geometrica di curve e superfici spline e spline razionali (NURBS), strumenti per la modellazione geometrica. Superfici a topologia triangolare ed arbitraria. Tecniche di subdivision: teoria e pratica. Interpolazione e approssimazione con curve e superfici NURBS.Ricostruzione di superfici a partire da dati acquisiti tramite scanner 3D.

Il corso prevede un'attività di laboratorio in cui verrà utilizzato il linguaggio di programmazione C/C++ e le librerie grafiche XWindow, e OpenGL.

Testi di Riferimento

L. PIEGL, W. TILLER, *The NURBS book*, Springer Verlag (1995).
A. WATT, *3D Computer Graphics*, III edition, Addison Wesley (2000).
J.D. FOLEY, A. VAN DAM, S.K. FEINER, J.F. HUGHES, *Computer Graphics principles and practice*, II edition, Addison Wesley (1990).

METODI NUMERICI PER L'INGEGNERIA LS — BO, cds: L, T, I

Docente: **Fiorella Sgallari** prof. straord.

Scopo del corso:

Il corso si propone di fornire le nozioni e gli strumenti di calcolo necessari per la soluzione di problemi classici dell'ingegneria e della matematica applicata. Il corso prevede un'attività di

laboratorio che ne costituisce parte integrante in cui si utilizzerà il software MATLAB (ODEsuite, PDE toolbox) e FEMLAB (laboratorio di elementi finiti) e, secondo le necessità specifiche, opportune librerie software in C/C++ o FORTRAN.

Programma del corso

• **Sistemi di equazioni lineari: metodi diretti ed iterativi.**
Brevi richiami sui metodi di base e analisi dei metodi per problemi di grandi dimensioni (metodi tipo Krylov, precondizionatori, ecc.).
• **Equazioni e sistemi non lineari**. Brevi richiami sui metodi di base e analisi dei metodi per problemi di grandi dimensioni (metodi di Newton inesatti).
• **Equazioni differenziali ordinarie: metodi one-step, multi-step, metodi per problemi stiff**
• **Equazioni alle derivate parziali: metodi alle differenze ed elementi finiti**

Saranno inoltre brevemente trattati alcuni metodi per
• Autovalori ed autovettori.
• Interpolazione ed approssimazione
• Integrazione numerica

Valutazione:
L'esame consiste in una prova orale.

Testi di riferimento

Introduzione a MATLAB. Lucidi del corso (disponibili nella pagina web del docente).
G. MONEGATO, *Fondamenti di Calcolo Numerico*. Ed. CLUT, 1998.
QUARTERONI, SACCO, SALERI, *Matematica Numerica*, II Ed., Springer-Verlag Italia, Milano, 2000.
A. QUARTERONI, *Modellistica Numerica per Problemi Differenziali*, Springer Italia, 2000.

METODOLOGIE DI PROGETTAZIONE DI MACCHINE ELETTRICHE LS

BO, cds: E

Docente: **Antonino Grande** prof. ass.

Programma dell'insegnamento

1. *Considerazioni generali sul dimensionamento delle macchine elettriche.* Coefficienti di utilizzazione. Macchine geometricamente simili. Normalizzazione delle dimensioni e delle potenze. Forme costruttive. Grandezza di macchina. Protezioni. Tipi di raffreddamento. Tipi di servizio. Requisiti richiesti al motore elettrico in relazione alla caratteristica coppia-velocità della macchina operatrice.

2. *Parametri che intervengono nel calcolo delle macchine elettriche.* Parametri ideali di macchina: lunghezza, passo, spessore del traferro. Studio di campo in prossimità della cava: metodi analitici delle trasformate conformi, metodi agli elementi finiti. Fattori di avvolgimento per f.e.m. e f.m.m. Passaggio da secondario a primario di grandezze relative a sistemi m-n fasi. Tipi di sistemi e influenza sulla tipologia delle reti equivalenti delle macchine elettriche rotanti. Applicazioni alle macchine sincrone, asincrone del tipo a gabbia e a lamina. Il fattore di resistenza per gli avvolgimenti in corrente alternata.

Applicazioni al caso di avvolgimento di trasformatori e macchine rotanti. Coppie parassite nelle macchine di tipo asincrono.

3. *Dimensionamento elettromagnetico delle macchine elettriche.* Dati di specifica. Fasi di progetto e verifica. Dimensionamento del trasformatore. Dimensionamento delle macchine asincrone, sincrone e a corrente continua. Metodi di programmazione con personal computer. Dimensionamento della macchina elettrica e del trasformatore.

4. *Il calcolo termico delle macchine elettriche.* Riscaldamento e raffreddamento di un corpo omogeneo. Riscaldamento e raffreddamento di un sistema costituito da due corpi omogenei in mezzo isotropo. I criteri di verifica termica in relazione ai diagrammi di servizio. Utilizzo delle curve di riscaldamento e raffreddamento delle macchine, dedotte per via sperimentale. Metodo delle reti termiche. Calcolo delle conduttanze e dei relativi coefficienti. Reticoli termici delle macchine rotanti e dei trasformatori. Metodi di programmazione per la determinazione delle temperature medie delle singole sorgenti. Distribuzione puntuale della temperatura delle macchine elettriche. Metodo delle equazioni differenziali. Metodo agli elementi finiti.

5. *Principi di funzionamento e teoria di macchine elettriche particolari.*

6. *Macchine del tipo asincrono monofase e polifase , a rotore con e senza cave, motori a riluttanza ed a isteresi. Macchine a collettore alimentate in corrente alternata. La teoria dei due assi con particolare riferimento ai problemi di stabilità della macchina sincrona.*

7. *La teoria ed il disegno del motore passo-passo per azionamento a moto incrementale.*

Tipi di motore passo. Funzionamento del motore passo in condizioni statiche ed in rotazione. Coppie statiche e dinamiche. Caratteristiche di instabilità. Funzionamento unipolare, bipolare, a passo intero e a mezzo passo. Dispositivi di pilotaggio. Criteri di progettazione e disegno.

Testi consigliati:

Disponibili appunti tratti dalle lezioni.

L'*esame* si articola nelle fasi:

a) discussione di un elaborato contenente i calcoli numerisi relativi al dimensionamento di una m. elettrica, svolti da ciascun candidato nelle ore di esercitazione.

b) colloquio su argomenti oggetto delle lezioni del Corso.

MICROBIOLOGIA AMBIENTALE — BO, cds: Q

Docente: **Fabio Fava** prof. ass.

Elementi di Biochimica.

Cellule procariotiche ed eucariotiche.

Biomolecole: struttura e funzioni dei lipidi, dei carboidrati, delle proteine e degli acidi nucleici (DNA e RNA). Cenni ai processi di duplicazione, trascrizione e traduzione del DNA.

Metabolismo: aspetti generali. Catabolismo dei carboidrati: respirazione aerobica (vie glicolitiche, ciclo di Krebs e fosforilazione ossidativa), respirazione anaerobica e fermentazione.

Elementi di Microbiologia Ambientale.

Classificazione dei viventi in Regni e in Domini.

Caratteristiche biologiche principali dei batteri, funghi (lieviti e muffe) e alghe.

Nutrizione microbica e terreni di coltura. Colture pure e miste.

Crescita cellulare: colture *batch*, *fed-batch* e continua. Misurazione della concentrazione cellulare. Fattori ambientali e agenti chimici e fisici che controllano la crescita microbica.

Diversità metabolica nei microrganismi. Fotosintesi anossigenica e ossigenica.

Fissazione autotrofa della CO2. Batteri chemiolitotrofi: idrogenobatteri, solfobatteri, ferrobatteri, batteri ammonio- e nitrito-ossidanti. Respirazione anaerobica: batteri in grado di ridurre nitrato, solfato, anidride carbonica, ferro ferrico e manganese.

Fermentazioni: aspetti generali e cenno alle diverse vie fermentative.

Metabolismo dei carboidrati, lipidi, acidi grassi, e idrocarburi nell'ambiente. Metabolismo dell'azoto.

Ecologia microbica. I microorganismi in natura: loro isolamento e analisi quali- e quantitativa. Habitat acquatici e terrestri. I cicli biogeochimici del carbonio, dell'azoto, dello zolfo, del ferro e dei metalli in tracce. Biodegradazione aerobica e anaerobica di composti xenobiotici. Microbiologia e depurazione delle acque. Interazioni piante-microrganismi.

Cenni di sistematica molecolare ed evoluzione microbica.

Testi consigliati

BROCK, MADIGAN, MARTINKO, PARKER, *Microbiologia*, Città Studi Edizioni (UTET), Milano, 1995.

PRESCOTT, HARLEY, KLEIN, *Microbiologia*, Zanichelli, Bologna, 1995.

STANIER, INGRAHAM, WHEELIS, PAINTER, *Il mondo dei microrganismi*, Zanichelli, Bologna, 1993.

Valutazione del profitto. Prova finale unica orale.

MISURE E COLLAUDO DI MACCHINE ED IMPIANTI ELETTRICI LS BO, cds: E

Docente: **Renato Sasdelli**

Il corso intende fornire conoscenze per l'analisi dei rischi e la gestione della sicurezza in ambiente di lavoro.

Programma

La sicurezza negli ambienti di lavoro.

Il quadro legislativo. L'obbligo di sicurezza. I servizi aziendali per la tutela della sicurezza e della salute negli ambienti di lavoro: organizzazione, compiti e responsabilità. Organi di vigilanza: organizzazione, compiti e poteri.

Sicurezza, pericolo, rischio. Rischio residuo, rischio indebito, rischio imposto. I costi della sicurezza. Evoluzione del concetto di rischio accettabile.

Elementi di analisi operativa dei rischi. Norme tecniche e sicurezza: l'esempio delle norme CEI. Applicazione delle norme CEI sugli impianti elettrici e rischi residui. Alcuni esempi: curva convenzionale di sicurezza tensione-tempo; tempi di intervento delle protezioni coordinate con impianti di terra; prescrizioni sul sezionamento del neutro.

Analisi di infortuni sul lavoro per cause elettriche. Esempi di evoluzione della normativa per la riduzione del rischio elettrico in ambienti ordinari e particolari. Circuiti "a sicurezza positiva".

Verifiche su gli impianti elettrici.

Operare in sicurezza durante le verifiche. Strumentazione per le verifiche.

Verifiche sui sistemi di protezione dai contatti diretti. Verifiche sui sistemi di protezione dai contatti indiretti senza o mediante interruzione automatica dell'alimentazione. Limiti protettivi degli interruttori differenziali. Verifica della corretta scelta e installazione dei dispositivi per la

protezione contro le sovracorrenti. Verifiche su impianti di terra.
Le verifiche per la sicurezza negli impianti elettrici per i cantieri edili.

Costituiscono parte integrante del corso i seminari svolti da Ingegneri (il responsabile del settore sicurezza della AUSL di Bologna e il responsabile del servizio aziendale di prevenzione di una industria cittadina) e le esercitazioni in aula e di laboratorio.

Tipo di esame: orale

Propedeuticità consigliata: Impianti elettrici; Misure elettriche A.

Testi consigliati:

Appunti delle lezioni.
V. CARRESCIA: *Fondamenti di sicurezza elettrica*, HOEPLI, Milano.

MISURE E CONTROLLI NEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI **BO, cds: R**
Docente: **Ezio Mesini** prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento

Fornire agli allievi conoscenze di carattere teorico-applicativo sulle misure che vengono eseguite nei giacimenti petroliferi e gassiferi ai fini della loro coltivazione, in particolare sulla termodinamica e fluidodinamica dei fluidi in giacimento e dei sistemi roccia serbatoio/fluidi contenuti, nonché sulle registrazioni elettriche, radioattive e soniche eseguite in pozzo.
Inoltre, sono delineati i principi della produzione e la loro applicazione ai fini della massima efficienza del giacimento; e vengono illustrate le tecniche produttive e trattate i principali aspetti del trasporto in condotta.

Programma

PARTE I
Richiami sulle tecniche di previsione del comportamento dei giacimenti di idrocarburi. Situazione attuale dell'ingegneria dei giacimenti. Formation Evaluation: obiettivi e metodologie impiegate. Carotaggi meccanici di fondo e di parete. Fattori che influenzano la qualità delle carote. Analisi petrofisiche su carote: analisi standard (porosità. permeabilità, saturazione in acqua residua, fattore di resistività della formazione) e analisi speciali (pressione capillare, permeabilità relative, bagnabilità).
Surface Logging: cenni sulle tecniche attuali tecniche di misura e di analisi dei fluidi, dei gas e dei detriti durante la fase di perforazione. Loro utilizzo nel processo di Formation Evaluation.
Log geofisici di pozzo: generalità sulle tecniche impiegate per la valutazione degli idrocarburi in posto, log wireline e while drilling. cenni sui log di produzione e sul monitoraggio del giacimento in fase di produzione. Parametri petrofisici e loro relazioni con i parametri fisici della formazione. Log litologici. Log di resistività ed induttivi. Log di porosità acustici e nucleari.
Comportamento volumetrico e di fase dei sistemi di idrocarburi naturali ad alta pressione. Diagrammi di fase dei greggi, dei gas e condensati, dei gas secchi, a condizioni di giacimento e nei separatori di superficie. Studio dei fuidi in giacimento e negli impianti di trattamento di superficie mediante apparecchiature PVT.

PARTE II

Aspetti tecnici ed economici della produzione degli idrocarburi. Il completamento dd pozzi: completamento a foro scoperto ed a foro rivestito, prevenzione dell'ingresso delle sabbie, tubing, packer ed altre attrezzature. Completamenti singoli e multipli. La produzione dei fluidi di strato: pozzi ed erogazione spontanea, pompe ad astine, pompe oleodinamiche, pompe a getto e centrifughe gas-lift. La manutenzione del pozzo: operazione di stimolazione per acidificazione e fratturazione, dissabbiamento, cementazione secondaria, ecc. Trattamento in campo del gas: caratteristiche del gas naturale, gli idrati e la loro prevenzione, impianti di disidratazione, cenni sulla desolforazione e sul degasolinaggio. Trattamento in campo dell'olio: caratteristiche dei greggi, impianti di stabilizzazione, emulsioni e loro trattamento, cenni sulla desalificazione. Impianto di iniezione per il recupero secondario. La produzione in mare. Il trasporto degli idrocarburi, aspetti tecnici ed economici. Il moto dell'olio e del gas nelle condotte: reologia dei greggi. Il moto polifasico nelle condotte. Le condotte: calcolo statico, la corrosione, la protezione catodica, il rivestimento, gli inibitori. Stazioni di compressione: pompe e compressori, dispositivi di misura, controllo e regolazione. Cenni sullo staccaggio sotterraneo e sulla liquefazione del gas naturale. Elementi di politica degli investimenti con riferimento alla ottimizzazione dello sviluppo dei giacimenti di idrocarburi.

Testi consigliati

CHIERICI G.L., *Comportamento volumetrico e di fase degli idrocarburi nei giacimenti*, Giuffrè Editore, Milano, 1962.

CHIERICI G.L., *Principles in petroleum reservoir Engineering*, Springer Verlag, Berlin, 1994.

DRESSER ATLAS, *Well logging and interpretation techniques*, Dresser Atlas Industries, 1982.

HELANDER D.P., *Fundamentals of Formation Elvaluation*, OGCI Publications, 1983.

MC CAIN W.D., *The Properties of Petroleum Fluids*, PennWell Books, Tulsa, 1990.

MACINI P., MESINI E., *Alla ricerca dell'energia. Metodi di indagine per la valutazione delle georisorse fluide*, Clueb, Bologna, 1998.

PEDERSEN K.S., FREDENSLUND A., THOMASSEN P., *Properties of Oils and Natural Gases*, Gulf Publishing Co., Houston, 1989.

SCHLUMBERGER, *Log Interpretation Principles/Applications*, Houston, 1989.

TIAB D., DONALDSON E.C., *Petrophysics. Theory and prectice of measuring reservoir rock and fluid transport properties*, Gulf Publishing, Houston, 1996.

AGIP, Manuale di prodazione del petrolio.

SZILAS A.P., *Production and Transport of Oil and Gas*, revised edition vol. 1-2, Elsevier-New-York 1985.

Esame: orale.

Propedeuticità consigliate: Ingegneria dei giacimenti di idrocarburi, Idraulica, Fisica tecnica, Meccanica dei fluidi nel sottosuolo.

MISURE ELETTRICHE E LABORATORIO L **BO, cds: E**

Docente: **Alberto Burchiani** prof. ass.

L'insegnamento si propone di fornire agli allievi:

- le basi teoriche necessarie per affrontare i problemi generali delle misure;

- la conoscenza degli strumenti e dei metodi fondamentali delle misure elettriche;
- le procedure per l'esecuzione delle principali misure di verifica e collaudo sulle macchine e sugli impianti elettrici;
- le conoscenze complementari per misure in ambiente industriale.

Argomenti dell'insegnamento saranno:
- nozioni di metrologia: unità di misura fondamentali e derivate del Sistema Internazionale;
- risoluzione, sensibilità ed espressione della misura;
- errori ed incertezze di misura: tipi e legge di propagazione degli stessi;
- strumenti indicatori e registratori analogici: costituzione, principi di funzionamento, caratteristiche ed impiego;
- strumenti digitali: caratteristiche esterne, precisione ed impiego;
- strumentazione virtuale e Labview;
- principali metodi di misura di grandezze elettriche: ponti in c.c. e in c.a., ponti a squilibrio, potenziometri;
- misure di potenza e di energia in c.a. su sistemi monofase e trifase;
- sistemi di tariffazione dell'energia elettrica;
- metodi di misura delle grandezze fondamentali di materiali conduttori, magnetici e dielettrici;
- prove sulle macchine elettriche: rendimento, isolamento, sovrariscaldamento e speciali;
- misure sugli impianti elettrici: resistenza di terra, tensioni di contatto, impedenza di guasto;
- misure di grandezze acustiche fondamentali;
- collaudo di generatori elettrici.

Costituiscono parte integrante dell'insegnamento le esercitazioni pratiche di laboratorio a tema fisso ed a tema libero.

Testi consigliati:

Dispense di lezioni e di esercitazioni fornite dal docente.

Esame:
Prova pratica di laboratorio e prova orale.

Propedeuticità consigliate:
Macchine elettriche L, Impianti elettrici con elementi di sistemi elettrici per l'energia L.

MISURE ELETTRONICHE LA **BO, cds: T**
Docente: **Mario Rinaldi** prof. ord.

L'insegnamento si propone di illustrare 1 concetti ed i metodi utili per individuare e risolvere i problemi di misura e rilevazione di grandezze elettriche e, tramite segnali elettrici, di grandezze di natura diversa in particolare nell'automazione.

Si propone inoltre di fomire i criteri e le conoscenze per la valutazione, la scelta, l'impiego e la progettazione della strumentazione.

Programma

Metrologia ed elementi di statistica.

Richiami di metrologia generale. Il Sistema Intemazionale, unità e campioni. Elementi di metrologia elettrica. Richiami di calcolo delle probabilità e statistica: variabili casuali e stime. Misure di conformità per valutare la qualità di una produzione industriale.

Segnali elettrici di misura

I segnali elettrici come supporto fisico delle informazioni di misura. Catena di misura (data logging) e catena di regolazione automatica. Segnali analogici e numerici di misura. L'amplificazione dei segnali analogici di misura (amplificatori operazionali e per strumentazione; amplificatori in ca). Conversione analogico-numerica e numerico-analogica. L'elaborazione numerica dei segnali di misura.

Misura per via elettrica di grandezze non elettriche

Sensori e trasduttori: modello interpretativo, grandezze di influenza, funzionamento in regime stazionario e dinamico, condizione di non distorsione. Principi fisici della trasduzione. Caratterizzazione dei trasduttori riguardanti le grandezze fisiche di maggiore interesse nei dispositivi di regolazione e govemo di impianti e processi industriali. Casi particolari del controllo di velocità di motori e del controllo di posizione.

Misure di tempo e frequenza

Campioni di tempo e frequenza. Conteggio elettronico di impulsi.Misura della frequenza e degli intervalli di tempo.

Misura delle grandezze elettriche attive in regime stazionario ed in transitorio

Strumenti analogici elettromeccanici ed elettronici. Componenti per l'ampliamento del campo di misura: trasformatori di tensione e corrente, attenuatori, amplificatori, convertitori cacc di precisione, moltiplicatori analogici.

Strumenti numerici. Registratori XY e X-t. Oscilloscopio. Registratore di transitori. Oscilloscopio a memoria numerica.

Esempi di applicazione.

Misure di forza elettromotrice e di impedenza

Metodi potenziometrici. Componenti di precisione e reti equivalenti. Parametri indesiderati dei circuiti. Metodi indiretti e per sostituzione. Metodi voltampermetrico, di zero, a risonanza. Strumenti automatici.

Misure nei circuiti di potenza

Determinazione dei circuiti in corrente continua, in corrente altemata monofase e trifase; la risposta dei circuiti nel dominio del tempo e della frequenza. Analizzatore di reti. Effetti delle deformazioni introdotte dai circuiti elettronici di potenza.

Sistemi complessi di misura, sistemi di acquisizione dati,telemisure

Strumenti di misura a microprocessore. Interfaccia standard IEEE-488 per apparecchi di misura programmabili. Componenti di un sistema per l'acquisizione di dati. Problemi di diagnostica e di autodiagnostica. Sistemi a video grafico con allarmi. Telemisure: concetti generali, sistemi analogici, sistemi numerici.

Misure di conformità e di affidabilità su componenti e dispositivi

I problemi del controllo di qualità di componenti e dispositivi e della loro vita utile. Le carte di controllo. MTBF e MTTF. Le prove di vita. Cenni ai problemi della qualità totale.

Testi consigliati

Vengono distribuiti appunti.
Si consiglia inoltre la consultazione, per particolari argomenti, dei volumi seguenti:
L. BENETAZZO, *Misure elettroniche*, vol. 1 (Strumentazione analogica), ed. CLEUP, Padova.
L. BENETAZZO, *Misure elettroniche*, vol. 2 (Strumentazione numerica), ed. CLEUP, Padova.
J.P. BENTLEY, *Measurement Systems*, ed. Longman Group.
M. SAVINO, *Fondamenti di scienza della misurazione*, ed. La Nuova Italia.
P.H. SYDENHAM (a cura di), *Handbook of measurement science*, J. Wiley & Sons.
E.L. GRANT-R.S. LEAVENWORTH, *Statistical quality control*, ed. Mc Graw Hill.

MISURE ELETTRONICHE LA **BO, cds: L**
Docente: **Domenico Mirri** prof. straord.

L'insegnamento si propone di illustrare i concetti ed i metodi utili per individuare e risolvere i problemi di misura e rilevazione di grandezze elettriche e di grandezze di natura diversa ma per via elettrica nell'elettrotecnica, nell'elettronica e nei sistemi di automazione.

Si propone inoltre di fornire i criteri e le conoscenze per la valutazione, la scelta l'impiego e la progettazione della strumentazione.

Programma

Metrologia

Richiami di metrologia generale. Il Sistema Internazionale, unità e campioni. Elementi di metrologia elettrica. Richiami di teoria degli errori.

Segnali elettrici di misura

I segnali elettrici come supporto fisico delle informazioni. Catena di misura (data logging) e catena di regolazione automatica. Segnali analogici e numerici. L'amplificazione dei segnali analogici di misura (amplificatori operazionali e per strumentazione, amplificatori in ca). Conversione analogico-numerica e numerico-analogica. L'elaborazione numerica dei segnali di misura.

Misura per via elettrica di grandezze non elettriche

Sensori e trasduttori: modello interpretativo, grandezze di influenza, funzionamento in regime stazionario e dinamico, condizioni di non distorsione. Principi fisici della trasduzione. Caratterizzazione dei trasduttori riguardanti le grandezze fisiche di maggiore interesse nei dispositivi di regolazione e governo di impianti e processi industriali. Casi particolari del controllo di velocità di motori e del controllo di posizione.

Misure di tempo e frequenza

Campioni di tempo e frequenza. Misura della frequenza e degli intervalli di tempo con strumenti a contatore.

Misura delle grandezze elettriche attive in regime stazionario ed in transitorio

Strumenti analogici elettromeccanici ed elettronici. Componenti per l'ampliamento del campo di misura: trasformatori di tensione e corrente, attenuatori, amplificatori, convertitori ca-cc di precisione, moltiplicatori analogici. Campioni di f.e.m. Metodi potenziometrici. Strumenti numerici. Registratori XY e X-t. Oscilloscopio. Registratore di transitori. Oscilloscopio a memoria numerica.

Misure di impedenza

Componenti di precisione e reti equivalenti. Parametri indesiderati dei circuiti. Metodi indiretti e per sostituzione. Metodi voltampermetrico, di zero, di risonanza. Strumenti automatici.

Misure sui circuiti in regime stazionario e in transitorio

Determinazione del regime dei circuiti in corrente continua, in corrente alternata monofase e trifase. La risposta dei circuiti nel dominio del tempo e della frequenza. Analizzatore di reti.

Sistemi complessi di misura, sistemi di acquisizione dati, telemisure

Strumenti di misura a microprocessore. Interfaccia standard IEEE-488 per apparecchi di misura programmabili. Componenti di un sistema per l'acquisizione di dati. Problemi di diagnostica e di autodiagnostica. Sistemi a video grafico con allarmi. Telemisure: concetti generali, sistemi analogici, sistemi numerici.

Le *esercitazioni* svolte in aula riguardano approfondimenti e completamenti degli argomenti trattati nelle lezioni.

Le esercitazioni svolte in laboratorio riguardano la strumentazione (in particolare l'oscilloscopio), prove su componenti per automazione tramite un banco automatico di misura, esempi di analisi di segnali e di filtraggio numerico, la determinazione sperimentale di alcuni parametri caratteristici di trasduttori.

Testi consigliati:

Vengono distribuite dispense.
Si consiglia inoltre la consultazione, per particolari argomenti, dei volumi seguenti:
BERTOLACCI, BUSSOLATI e MANFREDI, *Elettronica per misure industriali*, Tamburini editore.
L. BENETAZZO, *Misure elettroniche*, vol. 1 (strumentazione analogica), ed. CLEUP, Padova.
L. BENETAZZO, *Misure elettroniche*, vol. 2 (strumentazione numerica), ed. CLEUP, Padova.
P. SCHIAFFINO, *Misure elettroniche*, ed. CLUP, Milano.
P H. SYDENHAM (a cura di), *Handbook of measurement science*, J. Wiley & Sons.

Propedeuticità consigliate

Si ritiene essenziale la conoscenza delle nozioni fornite negli insegnamenti di Elettrotecnica I, Elettronica Applicata I, Elettronica Applicata II, Reti Logiche.

MISURE MECCANICHE, TERMICHE E COLLAUDI L — BO, cds: M

Docente: **Piero Pelloni** prof. ord.

L'Insegnamento intende fornire conoscenze sulle tecniche più frequentemente impiegate nell'effettuazione delle misure sulle principali grandezze fisiche di interesse nell'ingegneria meccanica, particolarmente mediante l'acquisizione di segnali proporzionali alle dette grandezze.

Vengono altresì forniti i mezzi per la valutazione dell'attendibilità delle misurazioni effettuate. Infine si dà un esempio di collaudo inteso come verifica delle condizioni di funzionamento di una macchina o di un impianto, sulla base dei risultati delle misure di diversi parametri.

I problemi generali delle misure
Gli errori di misura e la loro propagazione, anche nelle valutazioni finali dei collaudi.
Le prestazioni caratterizzanti le strumentazioni.
I concetti funzionali alla base dei trasduttori. Segnali analogici, digitali, nel dominio tempo.

La conversione analogico-digitale e viceversa. Le catene di misura. La registrazione e l'acquisizione delle grandezze tempovarianti.

Approfondimenti su tecniche di misura

Vengono approfondite le più diffuse strumentazioni tradizionali ed avanzate per le misure di alcune grandezze di particolare interesse per l'ingegnere meccanico come:

- Stati di deformazione di strutture
- Pressioni
- Temperature
- Composizione di prodotti di combustione
- Spostamenti
- Vibrazioni
- Velocità dei fluidi
- Portate
- Forze e coppie
- Velocità di rotazione
- Potenze

Problemi di collaudo

Dopo l'impostazione generale dei problemi che sorgono nei collaudi, si approfondisce a titolo d'esempio il caso del collaudo dei motopropulsori per autoveicoli.

Testi consigliati:

1) G. Minelli, *Misure Meccaniche*, Pàtron.
2) Doebelin, *Measurement Syste*, Mc Graw Hill, Kogakusha, U.S.A.
3) Beckwitt-Buck, *Mechanical Measurements*, Addison Wesley, U.S.A.

L'*esame* è costituito da una prova orale.

Propedeuticità consigliate: Fisica tecnica, Idraulica.

Tesi di Laurea: 1) Studio di strumenti e di apparati di misura. 2) Circuiti di collaudo di macchine.

MODELLI ED APPLICAZIONI DI RETI DI CALCOLATORI LS — BO, cds: T, L

Docente: **Fabio Tarantino** prof. inc.

L'obiettivo del corso è fornire nozioni e strumenti necessari per operare con sistemi di reti di calcolatori. Il corso è suddiviso in tre parti:

1. I moderni sistemi operativi
   - Cos'è un sistema operativo.
   - Come funziona: batch, multiprogrammazione, time-sharing.
   - Richiami sul funzionamento di un elaboratore: interruzioni e loro gestione, I/O, system calls.
   - Organizzazione di un Sistema Operativo
   - Struttura: sistemi monolitici e modulari; sistemi a livelli; macchina virtuale
   - Organizzazione e funzionalità del sistema operativo Unix.
   - Il concetto di processo e sua rappresentazione nel Sistema Operativo

- Gestione dei processi: scheduling, risorse e protezione
- Classificazione dei processi: indipendenti/interagenti, mem.condivisa/scambio di messaggi, comunicazione/competizione/interferenza, processi pesanti/leggeri
- File system e sua realizzazione

2. Principi di Reti di Calcolatori
   - Inquadramento generale e definizioni di base
   - Sistemi distribuiti decentralizzati ed eterogenei
   - Necessità di standardizzazione delle soluzioni (ISO/OSI ed Internet)
   - Concetti di base e alcuni modelli di soluzione
     - o modelli a memoria condivisa ed a scambio di messaggi
     - o modello di interazione cliente/servitore
     - o affidabilità dei sistemi e modelli di guasto
     - o modelli di connessione, di replicazione, ecc.
   - Ambienti Standard e Standardizzazione: Organizzazione a livelli ISO OSI
     - o Generalità
     - o livello di trasporto e di rete
     - o livelli applicativi: sessione, presentazione, e applicazione
     - o Alcune applicazioni standard distribuite
   - I protocolli della suite TCP/IP: livelli di rete e trasporto.
   - Applicazioni comuni per:
     - o terminale remoto virtuale
     - o trasferimento di file
     - o servizi Asincroni: mail, news, e altri.

3. Fondamenti di Tecnologie Web
   - Il modello thin client basato sulla coppia Browser/Web Server
   - I Protocolli http e FTP
   - La realizzazione di applicazioni Web
     - o Client Side (browser)
     - o Server Side (web server, application server, database)
   - Tecnologie e linguaggi di programmazione
   - Il linguaggio HTML

MODELLISTICA DEI SISTEMI ELETTROMECCANICI

BO, cds: U

Docenti: **Domenico Casadei** prof. straord.

Finalità del corso

Il corso si propone di individuare i modelli delle tipologie di macchine elettriche maggiormente impiegate nel campo dell'automazione industriale.

Programma

Introduzione – Principi di conversione elettromeccanica dell'energia, meccanismi di generazione di forze e di coppie nelle macchine elettriche, bilanci energetici.

Motori in c.c.– Modello delle macchine in corrente continua. Caratteristiche meccaniche. Funzionamento da motore e da generatore. Tecniche di alimentazione. Convertitori statici per motori in corrente continua.

Motori brushless – Modello delle macchine sincrone isotrope ed anisotrope. Espressione della

coppia. Funzionamento da motore e da generatore. Tecniche di alimentazione.
Motori asincroni – Modello delle macchine asincrone. Caratteristiche meccaniche. Funzionamento da motore e da generatore. Tecniche di alimentazione.

Testi consigliati

A.E. FITZGERALD, C. KINGSLEY JR., A. KUSKO, *Macchine Elettriche*, Franco Angeli Editore, Milano, 1978.
Appunti integrativi forniti durante l'Insegnamento.
L'esame comprende una prova orale sugli argomenti svolti durante le lezioni.

MODELLISTICA DEI SISTEMI ELETTROMECCANICI LS — BO, cds: E

Docente: **Angelo Tani** prof. ass.

Dinamica dei sistemi elettromeccanici: equazioni differenziali dei sistemi elettromeccanici; studio della stabilità; metodi di soluzione approssimati; analisi alle piccole variazioni mediante linearizzazione; metodi di integrazione numerica; comportamento dinamico di sistemi di levitazione di tipo elettrodinamico ed elettromagnetico.

Componenti complesse per lo studio di sistemi trifase: definizione di componenti complesse ed omopolari; equazioni differenziali dei sistemi trifase in forma complessa; relazione fra componenti complesse e variabili d'asse d e q; studio di sistemi in regime periodico mediante sviluppo in serie delle componenti complesse.

Studio delle macchine elettriche mediante variabili complesse: legame fra componenti complesse di corrente e armoniche spaziali di forza magnetomotrice al traferro; equazioni differenziali di macchina in forma complessa; espressione della coppia; stima dei parametri di macchina mediante misure a morsetti; modello dinamico delle macchine elettriche con perdite nel ferro; modello dinamico delle macchina elettriche con saturazione magnetica; controllo diretto di coppia (D.T.C.) nelle macchine asincrone.

Stima dei parametri e dello stato di un sistema elettromeccanico: stima in linea dei parametri mediante metodo dei minimi quadrati; osservatori di stato di ordine pieno ed adattativi; teorema di Lyapunov.

Controllori Fuzzy: introduzione alla Fuzzy Logic; variabili linguistiche, fuzzy sets e funzioni di appartenenza; processo di inferenza; applicazione nella modellizzazione e nel controllo dei sistemi elettromeccanici.

Reti neurali: neuroni artificiali e funzioni di attivazione; reti neurali multistrato; istruzione della rete mediante algoritmo di back propagation; impiego delle reti neurali per la modellizzazione e il controllo dei sistemi elettromeccanici.

Il corso è integrato da esercitazioni al calcolatore.

MODELLISTICA E CONTROLLO DEI SISTEMI AMBIENTALI BO, cds: R

Docente: **Roberto Guidorzi** prof. ord.

Elementi di Teoria dei Sistemi. I modelli dei sistemi dinamici. Risposte e moti. Uscite e stati di equilibrio.I sistemi lineari. Raggiungibilità e osservabilità. Stabilità dei moti e delle risposte. Stabilità degli stati e delle uscite di equilibrio. Stabilità "in piccolo" e "in grande". I criteri di stabilità di Liapunov. Linearizzazione dei sistemi non lineari. Moto e risposta dei sistemi lineari continui e discreti. I modelli discreti dei sistemi continui. Sottospazi di raggiungibilità, controllabilità, osservabilità e ricostruibilità. La scomposizione canonica di Kalman. I modelli ingresso-uscita dei sistemi lineari. Realizzazione della risposta impulsiva e di sequenze di ingresso-uscita di un sistema lineare.

La modellazione dei sistemi dinamici mediante identificazione. Il problema dell'identificazione. I modelli ARX. Criteri di scelta del modello. La stima dei parametri con l'algoritmo dei minimi quadrati. Identificabilità e scelta degli ingressi. Polarizzazione e consistenza della stima. I minimi quadrati ricorsivi e pesati. Covarianza della stima e proprietà statistiche dei residui. Efficienza della stima dei minimi quadrati. Validazione dei modelli identificati. I modelli AR per la modellazione di serie temporali. Esempi di applicazione di tecniche di identificazione a processi reali.

Modellistica, calibrazione dei parametri e gestione dei sistemi ambientali. Trasformate di Laplace (TL): definizione, teoremi principali, applicazione delle TL alla soluzione di equazioni differenziali ordinarie ed alle derivate parziali. Metodo del potenziale per la determinazione delle traettorie di sistemi nonlineari. Metodi numerici per la soluzione di sistemi di equazioni differenziali alle derivate parziali. Dinamica di una popolazione: crescita logistica, mappa quadratica e caos, diagramma delle biforcazioni. Sistemi di due popolazioni interagenti: equazioni di Volterra. Modello della diffusione di una epidemia. Flussi di energia in un ecosistema: modello di Odum e Patten. Modello di Nash e Rinaldi di un tratto di fiume. Equazioni del trasporto e della diffusione. Dinamica dell'inquinamento fluviale: modello di Streeter e Phelps e sua generalizzazione. Modello della fioritura algale. Modello della morfogenesi. Calibrazione dei parametri dei sistemi ambientali: minimi quadrati non lineari, metodo della massima pendenza, metodo delle derivate seconde e del simplesso. Identificabilità strutturale dei sistemi dinamici non lineari: criterio di Pohjanpalo e analisi di sensitività. Esempi di applicazioni delle metodologie descritte nel corso a sistemi ambientali.

Esame

La valutazione finale include la consegna e discussione di un elaborato individuale relativo alla individuazione di un processo reale ed una prova scritta basata su domande a risposta multipla ed esercizi.

Bibliografia

R. Guidorzi, *Elementi di teoria dei sistemi e Identificazione* (dispense).
S. Marsili-Libelli, *Modelli matematici per l'ecologia*, ed. Pitagora, Bologna, 1989.
E. Beltrami, *Mathematics for dynamic modeling*, Academic Press, N.Y., 1987.

MODELLISTICA E INGEGNERIA DEI MATERIALI ELETTRICI — BO, cds: E

Docente: **Luciano Simoni** prof. ord.

Il corso si propone di avvicinare gli allievi alla metodologia della ricerca scientifica, attraverso lo studio approfondito di un argomento non ancora teoricamente consolidato come la resistenza dei materiali organici alle sollecitazioni invecchianti (endurance e life expectation). L'accento viene posto sulla relazione fra modelli teorici e risultati sperimentali, enfatizzando come il cammino del progresso scientifico consista in un progressivo avvicinamento dei modelli matematici alla realtà fisica.

La prima parte è dedicata alla ripresa di argomenti in parte noti, quali polarizzazione dei dielettrici, perdite dielettriche, scarica negli isolanti solidi (per instabilità termica e per scariche parziali), teorie statistiche e relazione fra probabilità di guasto e affidabilità.

La seconda parte è dedicata essenzialmente allo studio dell'invecchiamento dei materiali isolanti elettrici sottoposti a varie sollecitazioni.

A) Teoria fenomenologica di invecchiamento. Rapporto fra Strength e Endurance. Definizione dell'Invecchiamento globale o cumulativo (Total ageing) come funzione della resistenza a breve termine (strength) e sua variazione nel tempo. Limite di invecchiamento e durata di vita. Aspetti geometrici: la linea di vita come intersezione della superficie di invecchiamento col piano di guasto.

B) Applicazione al Thermal endurance. Il criterio di guasto e le prove di vita termica. Modelli di vita termica. Definizione della sollecitazione termica. Criterio di guasto oggettivo. L'effetto di compensazione. Valutazione della resistenza alla sollecitazione termica anche mediante analisi termo-gravimetrica (TGA).

C) Voltage endurance. Prove convenzionali, prove a frequenza aumentata, prove a tensione crescente (carico progressivo). Analisi dei meccanismi di invecchiamento. Applicazione della teoria dell'invecchiamento: equazione dell'invecchiamento elettrico e superficie di invecchiamento. Il coefficiente di Voltage Endurance come indice per la valutazione dell'Endurance elettrica. Estensione della definizione nel caso di modello curvilineo. Il metodo N per il tracciamento della linea di vita.

D) Resistenza alle sollecitazioni combinate. Il metodo di analisi combinata dei dati. Superficie di vita e modelli di vita per materiali sogliati e non sogliati. Nuova definizione di materiali sogliati. Modello generale di vita combinata e sua estensione ai casi più complessi. L'anello di invecchiamento (ageing loop).

E) Multi-stress endurance. Modello di vita con 3 sollecitazioni (elettrica, termica e meccanica). Il modello generale di invecchiamento valido per qualunque tipo di sollecitazione. Le superfici a vita predeterminata per la valutazione della resistenza in condizioni di multistress.

F) Metodi sperimentali per la valutazione degli isolanti: misure di scariche parziali, prove di rigidità dielettrica, misure di _ e tan_, conducibilità e carica di spazio.

Al testo consigliato, edito dalla CLUEB:
L. SIMONI, *Resistenza alle sollecitazioni dei materiali isolanti solidi*
viene aggiunto materiale didattico fornito dal Docente.

MODELLISTICA IDRAULICA — BO, cds: C

Docenti: **Gianni Luigi Bragadin** prof. ord.

Misure sistematiche di grandezze idrometereologiche e loro organizzazione.

Modelli fisici. Similitudine meccanica: similitudine di Reynolds; similitudine di Froude, modelli a scale distorte. Modellazione di correnti a fondo mobile.
Modelli matematici: generalità. Modellazione di moto permanente e vario nelle reti in pressione e a pelo libero, della diffusione e dispersione di inquinanti, uso di modelli commerciali.

Esame L'esame è costituito da una prova orale, integrata dalla presentazione di semplici modelli matematici eseguiti dallo studente

Bibliografia

G. BRAGADIN, *Esercizi di Idraulica*, Cedam 1998
U. PUPPINI, *Idraulica*, Zanichelli, 1947.
M. FAZIO, *Manuale delle unità di misura*, ISEDI, Milano, 1973.
A.T. TROSKOLANSKI, *Tezhèorie et pratique des mesures hydrauliques*, Dunod 1962.

MOTO DEI FLUIDI E TERMOCINETICA L **BO, cds: N**
Docente: **Enzo Zanchini** prof. ord.

Finalità dell'Insegnamento
L'Insegnamento si propone di fornire le nozioni e le metodologie di base della della fluidodinamica e della trasmissione del calore, finalizzate allo studio dei sistemi di conversione, trasferimento e controllo dell'energia.

Fluidodinamica
Definizioni elementari – Moto laminare e moto turbolento – Strato limite dinamico – Viscosità – Fluidi e newtoniani e non newtoniani – Tensioni in un fluido in moto – Derivata locale e derivata sostanziale – Equazione di continuità – Equazione vettoriale di Navier – Casi semplici di moto laminare con densità costante – Cenno alla teoria dello strato limite – Equazione integrale di bilancio dell'energia meccanica – Prevalenza – Perdite di carico – Fattore di attrito – Diagramma di Moody – Perdite di carico concentrate – Pressione effettiva – Misure di velocità e di portata.
Conduzione termica
Legge di Fourier – Equazione di Fourier – Casi semplici di conduzione stazionaria in geometria piana, cilindrica e sferica – Resistenza termica, resistenze termiche in serie e in parallelo – Cenno alla conduzione non stazionaria monodimensionale (equazione del calore) – Esempio di conduzione stazionaria con generazione uniforme, in geometria cilindrica – Misura della conducibilità termica.
Convezione termica
Distinzione fra convezione forzata, naturale e mista – Equazioni fondamentali del moto non isotermo – Approssimazione di Boussinesq – Coefficiente di convezione e numero di Nusselt – Adimensionalizzazione delle equazioni e relazione Nu = Nu (Re,Gr,Pr) in convezione mista – Strato limite termico – Convezione forzata: dipendenza Nu = Nu (Re,Pr), casi particolari, esempi – Convezione naturale: dipendenza Nu = Nu (Gr,Pr), casi particolari, esempi.
Irraggiamento termico
Definizioni – Cavità isoterma e corpo nero – Leggi di Kirchhoff, di Stefan–Boltzmann, di Planck, del regresso di Wien, di Lambert – Corpo grigio – Scambi di energia per irraggiamento fra corpi neri e grigi – Fattori di forma – Cenno ai corpi non grigi– Coefficiente di irraggiamento.
Problemi composti di scambio termico
Coefficiente di adduzione – Resistenza termica globale e coefficiente globale di scambio ter-

mico – Esempi in geometria piana e in geometria cilindrica – Superfici alettate: generalità; distribuzione di temperatura in un'aletta piana sottile ed efficienza dell'aletta.

Esame orale.

Bibliografia Obbligatoria

E. ZANCHINI, *Dispensa di Moto dei Fluidi e Termocinetica per Ingegneria Energetica*, disponibile presso la Biblioteca della Facoltà di Ingegneria.

ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE **BO, cds: D, C**

Docente: **Claudio Comani** prof. ass.

Premessa

La concorrenza imprenditoriale, la necessità da parte degli Enti Pubblici e degli investitori privati di ottimizzare l'impegno delle risorse investite nel processo edilizio e più in generale dell'industria delle costruzioni, la sempre maggiore domanda di qualità edilizia richiedono competenze professionali capaci di gestire le attività che consentono di attuare le scelte di progettazione e di gestire il processo operativo fino alla fase della gestione del prodotto edilizio o dell'industria delle costruzioni.

Obiettivi

L'insegnamento si prefigge lo scopo di contribuire, nell'ambito dei Corsi di Laurea di Ingegneria Civile e Edile, a formare una figura culturale e professionale capace di pianificare, programmare e controllare le azioni tecniche e quelle economiche che consentono di razionalizzare il processo di produzione e l'impiego delle risorse economiche necessarie la realizzazione delle scelte di progetto.

Programma delle lezioni

1. I modelli operativi di processo edilizio e il ruolo degli operatori: committente, progettista, impresa di costruzione generale, imprese specialistiche, produttori di componenti, direttore dei lavori, collaudatore.

– Le imprese edili e dell'industria delle costruzioni: storia, organizzazione, figura giuridica, specializzazione, attività imprenditoriale.

– Lo studio dell'appalto. La definizione e i contenuti delle varie forme di appalto, i tipi di progetto, la documentazione del progetto esecutivo;

– Lo studio del progetto per la sua realizzazione;

– Lo studio delle norme relative alle autorizzazioni amministrative per l'esecuzione dei lavori, all'accettazione ed all'impiego dei materiali, a quelle per la sicurezza sul lavoro e sulla direzione dei lavori.

2. La progettazione operativa.

Lo studio dei cicli di produzione: la classificazione delle partizioni di lavoro; la determinazione dei tempi e delle risorse necessarie; la scelta.;

Il tipo e la logistica delle attrezzature: le macchine da cantiere con riferimento ai rendimenti, al costo di esercizio e manutenzione, agli ammortamenti.

Il controllo della poduzione e della qualità.

La progettazione delle attività e delle risorse tecnico-finanziarie;
Tipologia di cantieri edili e loro unità operative.

3. La sicurezza del cantiere
La legislazione vigente relativa al benessere e alla sicurezza dei lavoratori nei cantieri edili.
Ruolo e responsabilità degli operatori previsti dalla legislazione;.
Manuale e Piano della sicurezza;
La normativa tecnica sulla sicurezza.

4. La progettazione economica.
Preventivazione dei costi: costi diretti e indiretti di cantiere e di impresa; costi fissi e variabili, costi a consuntivo e a preventivo.
Metodi di contabilizzazione dei costi nei contratti di appalto.
Il parametro economico per la scelta delle macchine.
La contabilità industriale
Il controllo di gestione della commessa.

5. La programmazione delle partizioni di lavoro e delle risorse tecnico-finanziarie.
Definizione e obiettivi della programmazione.
Modelli di programmazione grafici e matematici: diagrammi a scaletta, GANTT, PERT,CPM.
Ottimizzazione del rapporto tempo-costo.

6. Esecuzione e condotta dei lavori pubblici.
Analisi della legislazione vigente;
Gli strumenti per la contabilità delle opere pubbliche;
La responsabilità degli operatori.

Esercitazioni
Le esercitazioni del Corso si svolgono attraverso visite a cantieri di opere edili e di opere pubbliche con la partecipazione di impenditori, direttori tecnici, addetti alla contabilità industriale, programmatori, collaudatori, direttori dei lavori.

Riferimenti bibliografici di base

C. COMANI, *La progettazione degli edifici per l'industria*, Bordigiani, Bologna.
L. GALLETTI, *Elementi di Ergotecnica edile*, CLUP, Milano 1973.
M. LA CAVA, C. SOLLUSTRI, *Progettare il cantiere*, NIS, Roma 1991.
M. MAGGI
G.B. ORMEA, *Tecnica e Organizzazione del cantiere*, Utet, Torino 1973.
M. PICONE, *Tecnologie della produzione edilizia*, Utett, Torino 1984.

ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E DEI SISTEMI LOGISTICI

BO, cds: G, M, I

Docente: **Enrico Sobrero** prof. ass.

Finalità del corso
È quella di dare, tenuto conto della diversità dei curricula degli studenti che si rivolgono al

Università di Bologna
BIBLIOTECA
INGEGNERIA
BOLOGNA

corso in oggetto, un inquadramento sistematico delle diverse realtà di produzione e della stretta connessione della funzione di produzione con le altre funzioni aziendali nonché degli aspetti tipici che governano in modo specifico la funzione produzione. In particolare, partendo dall'analisi delle grandezze atte a misurare i diversi fattori della produzione, della loro influenza e della loro importanza, ci si prefigge di fornire un quadro complessivo che comprenda i diversi aspetti di programmazione della produzione (da quella aggregata a quella operativa), di gestione dei materiali, di installazione e gestione di sistemi di qualità fornendo criteri e tecniche applicative, supportate da esempi pratici, al fine di consentire non solo l'acquisizione di possibili strumenti di impiego pratico, ma anche la maturazione di autonome capacità di analisi di problemi e di situazioni connesse ai sistemi produttivi.

Programma

– Inquadramento dei sistemi produttivi ed approccio strategico alle scelte di produzione.

– Analisi tipologica et confronto sistematico dei processi produttivi: sistematizzazione tridimensionale e matrice prodotto/processo di Hayes e Wheelwright. Analisi dei tipi di layout per processi di lavorazione/montaggio. Caso della produzione di "servizi" ed analisi della matrice processo/servizio: problemi specifici connessi alla produzione di servizi.

– Le misure delle prestazioni dei sistemi logistico/produttivi (produttività, servizio, flessibilità): definizioni concettuali, espressioni analitiche di calcolo degli indici di prestazione.

– Il ruolo del *lead time* nelle misure delle prestazioni in termini di servizio: analisi del ciclo dell'ordine e sua scomposizione.

– La qualità: concetti e definizioni. Legami qualità/prestazioni aziendali. Assicurazione di Qualità e Qualità totale. Modalità per realizzare la Qualità in azienda. Normative nazionali ed internazionali. L'approccio occidentale e quello giapponese. Dimensionamento di interventi per il miglioramento della qualità. Pianificazione e programmazione d'interventi di miglioramento della qualità. Qualità nella progettazione e nei processi. Rilevazioni e misurazioni inerenti la qualità.

– La previsione della domanda: inquadramento generale. Criteri deterministici e stocastici. Analisi di tipologie di distribuzione probabilistica della domanda: Gauss, Poisson, Binomiale ecc. e richiamo sui parametri caratteristici delle distribuzioni di variabili aleatorie.

Sistematizzazione dei modelli di previsione (equiponderali senza trend, con trend, ciclici; autoadattivi) e metodi di calcolo delle previsioni a partire da serie storiche di dati. La correlazione fra modelli di previsione e la Programmazione e Controllo della Produzione PCP.

– L'oggetto e lo scopo della PCP. Il problema della riconciliazione fra domanda e risorse produttive. Le fasi logiche e sequenziali della PCP: il controllo "feed-forward" della PCP. Il diagramma "rolling" della PCP e le relazioni fra gli orizzonti temporali.

– Il Production Plane (PP): oggetto, finalità, metodi di impostazione, calcolo dei fabbisogni (da data domanda) con varie tecniche (overall factors, prodotti rappresentativi, capacity bills, resources proliles). Costi rilevanti per la definizione di un PP, metodi e leve di intervento per aumentare la capacità produttiva: formulazione di PP con la simulazione "what if".

– Il Master Production Schedule (MPS) e sue relazioni con tempi mercato e tipo di produzione. MPS: oggetto, finalità, metodi di impostazione, formulazione secondo la tecnica "time phased records"; concetto della "disponibilità a promettere" e sua utilizzazione.

– Sistemi MRP 2: logica di funzionamento e loro strutturazione.

– La Programmazione Operativa della Produzione (Final Assemble Schedule/Scheduling): raccordo con MPS e fasi logiche. *Loading:* tabelle di carico macchina, diagrammi di carico, diagrammi di Gantt. *Sequencing:* variabili indipendenti e dipendenti e loro caratterizzazione, legami fra le variabili dipendenti, possibili indici di valutazione per la ricerca della sequenza ottimale. Criteri di ottimazione: sistemi Monostadio (Short processing Time, Due Date, Set Up Time, Slack Time), sistemi Monostadio con macchine in parallelo (frazionamento del Job consentito od

impedito), sistemi pluristadio tipo flow-shop (criterio di Johnson e derivati), sistemi pluristadio tipo job-shop. Soluzioni di casi reali.

– Problematiche dei sistemi di produzione continui e ripettitivi (takt time, allineamento, produzioni a caselle regolari, a modello misto, bilanciamento di linee ecc;).

– La gestione dei materiali e delle risorse produttive: collegamenti con i tipi di domanda ed analisi dei tipi della domanda.

– Metodi di gestioni dei materiali (GM) e delle risorse produttive: problematiche di politica e gestione delle scorte, legami con politiche di acquisto e di logistica dei materiali, tipologie dei beni a scorta. GM a domanda indipendente ed a domanda dipendente: considerazioni generali sulle logiche e sull'applicabilità. Costi caratteristici che intervengono nella GM, livello di servizio, frattile critico, legami con la probabilità cumulata di una data distribuzione stocastica e metodologie di calcolo dei diversi parametri.

– Tecniche di gestione *looking-back:* a "tempo fisso (Re Order Cycle - ROC)", a "quantità fissa (Re Order Level - ROL)", a "valore": trattazione completa con espressioni dei valori ottimali dei diversi parametri in gioco e valutazioni numeriche. Lotto economico di produzione: caso limite di produzione di un unico prodotto ed estensione ad N lotti di prodotti similari con ottimazione del problema sulla base della minimizzazione dei costi di produzione dell'intero ciclo. Applicazione pratica ad un caso di produzione a lotti su specifico impianto produttivo.

– Tecniche di gestione *looking-ahead:* MRP (Material Requirements Planning), logica di funzionamento ed elementi informativi necessari; distinte base, cicli di lavorazione e loro caratteristiche, archivio strutture. Lead time e sua articolazione. Le tre sottofasi dell'MRP: *netting, lead time offsetting, explosion:*, dinamica del sistema MRP ed esempi di netting ed offsetting. Forward scheduling e backward scheduling. Fabbisogni informativi necessari ed enti aziendali coinvolti. Inserimento di un sistema MRP nella gestione di impresa: aspetti organizzativi, aspetti inerenti ai dati ed alla loro accuratezza, aspetti di costo.

Capacity Requirement Planning (CRP): aspetti connessi ai sovraccarichi, caso di capacità infinita e finita con gestione degli slittamenti in avanti ed indietro. MRP e Lot Sizing: esempi di gestione a lotti di un MRP. Considerazioni finali sui sistemi MRP.

– Cenni ai sistemi *Just In Time* (JIT).

Propedeuticità consigliate: Economia ed organizzazione aziendale

Testi

R.J. SCHONBERGER, E.M. KNOD JR. - *Operation Management/Gestione della Produzione* - Edizione Italiana - Mc Graw Hill. (Testo di riferimento). ISBN 88 386 0806-7

Consigliati

A. GRANDO - *"Organizzazione e Gestione della Produzione Industriale"*, EGEA
R. MIRANDOLA & Al. - *"Sistemi Qualità"*, ETS Editrice Pisa
F. DA VILLA - *"Logistica Manifatturiera"*, ETAS Libri.
A. BRANDOLESE, A. POZZETTI, A. SIANESE - *"Gestione della Produzione Industriale"*, HOEPLI Ed.
E. MASTURZI, *"Organizzazione e Gestione della Produzione Industriale"*, LIGUORI Ed.
R.J. TERSINE, "Production/Operations Management ", NORTH HOLLAND.
R.G. SCHROEDER, "Operation Management", McGraw-HILL.

Dispense interne

A complemento del testo di riferimento, verranno fornite agli studenti dispense durante lo svolgimento del corso.

ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E DEI SISTEMI LOGISTICI L **BO, cds: G, P**

Docente: **Mauro Marini** prof.inc.

Concetti base

Il servizio al Cliente.
Controllo, valore, qualità.
La gestione della variabile tempo nelle imprese.
Punto di disaccoppiamento.
Sistemi push e pull.

Variabili che caratterizzano il funzionamento di un sistema produttivo.

Definizione e discussione dei concetti di flessibilità, elasticità, capacità, produttività, lead time ecc.
Indicatori.

Strategia aziendale e scelte nelle operations

Il legame tra strategia e produzione
Obiettivi di efficacia e di efficienza
Le leve operative
Il coordinamento tra le decisioni
Sequenzialità o parallelismo degli obiettivi

Processo di pianificazione e controllo della produzione .

L'incertezza: come si manifesta e quali sono gli strumenti per gestirla.
Struttura generale del processo di PCP: fasi, input ed output, orizzonte temporale gestito.

- Previsione e gestione della domanda.
- Pianificazione principale.
- Pianificazione del flusso delle lavorazioni e delle scorte
- Schedulazione.
- Controllo avanzamento produzione.

Modelli organizzativi e filosofia di produzione.

Il modello occidentale
Il modello giapponese

La gestione del sistema di fornitura

Relazioni con i fornitori.
Outsourcing.
Politiche di approvvigionamento.

La distribuzione dei prodotti

Le scelte distributive.

La gestione del canale.
Gestione dei trasporti.

Il ruolo dei sistemi informatici.
Potenzialità e limiti dei sistemi informativi a supporto della produzione.
Tipologie di prodotti disponibili sul mercato.

Oltre i confini dell'impresa: la gestione della supply chain
Dalla logistica alla supply chain
Relazioni tra imprese e creazione/distribuzione del valore.
Realizzare il coordinamento nelle operations.

Gestione dei progetti

Testo adottato:

R. J. SCHONBERGER, E. M. KNOD, *Gestione della produzione*, McGraw-Hill.

OTTIMIZZAZIONE DELLE RISORSE LS **BO, cds: I**
Docente: **Paolo Toth** prof. ord.

Finalità del corso
Il corso si propone di illustrare le tecniche più efficienti per la soluzione dei problemi decisionali complessi che si presentano nella ottimizzazione delle risorse, sia in ambito industriale che nei servizi. Particolare attenzione viene dedicata agli aspetti algoritmici e di implementazione. Vengono considerate alcune applicazioni reali delle tecniche proposte.

Programma
Algoritmi euristici per problemi complessi – Algoritmi costruttivi ad una o più fasi. Algoritmi basati su tecniche di ottimizzazione. Algoritmi basati sul rilassamento Lagrangiano. Procedure di ricerca locale. Algoritmi metaeuristici: *simulated annealing*, *tabu search*, algoritmi ibridi. Algoritmi basati su modelli di copertura a costo minimo (*Set Covering*). Algoritmi per i problemi del circuito hamiltoniano a costo minimo (*Traveling Salesman Problem*), del caricamento di contenitori (*Bin Packing*), dell'istradamento di veicoli (*Vehicle Routing*) e del *Set Covering*. Analisi sperimentale delle prestazione degli algoritmi descritti.

Applicazioni – Problemi di distribuzione di prodotti da un deposito ad un insieme di clienti. Problemi di trasporto di persone con ridotta capacità motoria. Problemi di assegnazione di veicoli (autobus, locomotive) e di determinazione dei turni del personale in aziende di trasporto pubblico. Gestione ottimale di un gasdotto. Problemi di determinazione di orari in aziende di trasporto. Problemi di turnistica nei *call center*.

Testi di consultazione

S. MARTELLO, P. TOTH, *Knapsack Problems: Algortihms and Computer Implementations*, J. Wiley, 1990.

R.K. AHUJA, T.L. MAGNANTI, J.B. ORLIN, *Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications*, Prentice hall, 1993.
G. GUTIN, A. PUNNEN (a cura di), *The Traveling Salesman Problem and Its Variations*, Kluwer, 2002.
P. TOTH, D. VIGO (a cura di), *The Vehicle Routing Problem*, SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications, 2002.

Materiale didattico: Fotocopie dei trasparenti utilizzati a lezione.
Esami: prove scritte.
Propedeuticità: corsi di base di Informatica e di Ricerca Operativa.
Tesi di laurea: realizzazione di algoritmi efficienti per problemi di ottimizzazione combinatoria.

PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI **BO, cds: C, G**
Docente: **Federico Rupi** ric.

Generalità
L'ingegneria dei sistemi di trasporto ed il processo di pianificazione. I livelli, gli obiettivi e gli strumenti di analisi della pianificazione dei trasporti. La struttura dei modelli per la simulazione dei sistemi di trasporto. Contenuti e metodi della pianificazione strategica.

L'offerta di trasporto.
Modellizzazione del sistema di offerta. Richiami sulla teoria dei grafi e delle reti. Criteri di zonizzazione, estrazione del grafo, funzioni di costo e vincoli di capacità fisica delle reti di trasporto individuale: esempi pratici. Metodi di rappresentazione dei servizi di trasporto collettivo: reti diacroniche per servizi a bassa frequenza; reti sincroniche per servizi ad elevata frequenza. Grafo delle linee e grafo di accesso/egresso; funzioni di costo; metodi di rappresentazione della fermata. L'inquinamento atmosferico prodotto da traffico stradale: i processi di emissione e di dispersione delle sostanze inquinanti. I modelli statici e dinamici di emissione. I modelli di dispersione: modello box e modello canyon. Metodologie di progettazione ambientale del traffico stradale: il calcolo della capacità ambientale. Esempi applicativi.

La domanda di trasporto passeggeri.
Richiami sui modelli di utilità casuale (Logit multinomiale e Probit). Il modello Logit gerarchizzato. Fattorializzazione dei modelli della domanda. Calibrazione dei modelli di domanda: applicazione di un modello Logit binomiale e di un macromodello moltiplicativo.

La domanda di trasporto merci.
La domanda di trasporto merci su scala nazionale e regionale. Approccio aggregato e approccio disaggregato. La logistica "esterna": modelli statistici per il calcolo dei tempi e dei costi. L'intermodalità ferro-strada: aspetti funzionali ed economici.

L'interazione domanda-offerta nelle reti di trasporto individuale.
Classificazione dei modelli di assegnazione. Rappresentazione del comportamento di scelta degli automobilisti. Modelli di equilibrio deterministico. Modelli di equilibrio stocastico. Relazioni fra equilibrio stocastico e deterministico. Road pricing: esempi pratici. Ottimo di sistema. Paradosso di Braess.

Il calcolo dei flussi nelle reti di trasporto individuale.

Richiami sugli algoritmi di Dijkstra, di L-deque e SNL-Probit. Algoritmo di Frank-Wolfe. Algoritmo di diagonalizzazione. Algoritmo MSA per il calcolo dei flussi di equilibrio stocastico. Esempi applicativi.

L'assegnazione alle reti di trasporto collettivo.

Rappresentazione del comportamento di scelta degli utenti di servizi di trasporto collettivo ad elevata frequenza. Costo di un ipercammino. Modelli di assegnazione per ipercammini. Algoritmi di calcolo degli iperalberi di minimo costo e di assegnazione della domanda. Esempi applicativi.

La stima della domanda di trasporto mediante conteggi di traffico.

Il problema della stima della domanda di trasporto in un'area urbana. Aggiornamento della matrice O/D mediante l'utilizzo di conteggi di traffico. Criteri di scelta dei rami di conteggio.

Metodi di scelta fra progetti alternativi.

Richiami sui metodi quantitativi per il confronto di progetti alternativi. Esempi pratici di analisi Benefici-Costi. L'analisi Multicriteria: la matrice di valutazione. Esempi pratici di analisi multicriteria.

Il problema della sicurezza stradale

La sicurezza stradale in Italia, nei paesi dell'Unione Europea e negli USA. Le azioni possibili per il miglioramento della sicurezza stradale. Ricerche in corso.

Esercitazioni

L'insegnamento è integrato da una esercitazione di gruppo che consiste nella redazione di un progettó della rete di una porzione di area urbana. Tale esercitazione, il cui svolgimento è obbligatorio per poter sostenere l'esame, ha l'obiettivo di evidenziare i problemi pratici che si possono incontrare nella costruzione di un modello di rete stradale urbana, nella definizione della domanda e nel calcolo dei flussi sugli archi.

Vengono inoltre forniti gli elementi di base per l'utilizzo di alcuni package software di simulazione disponibili sul mercato (VISUM, ecc.).

Lezioni seminariali con illustrazione di esperienze pratiche

Esame: orale con discussione del progetto

Testi consigliati

PAOLO FERRARI, *Fondamenti di pianificazione dei trasporti*, Pitagora Editrice, Bologna, 2001

ENNIO CASCETTA, *Teoria e metodi dell'ingegneria dei sistemi di trasporto*, CEDAM, Padova, 1998

MARINO DE LUCA, *Manuale di pianificazione dei trasporti*, Franco Angeli, Milano, 2000

ANTONIO PRATELLI, *Ingegneria dei sistemi di trasporto esercizi ed esempi*, Pitagora Editrice, Bologna, 1998

MARINO LUPI, *Dispense del corso di tecnica ed economia dei trasporti.*

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE **BO, cds: R, Q, G**

Docente: **Francesco Santarelli** prof. ord.

L'Insegnamento ha per oggetto lo studio del sistema ambiente con le metodologie dell'ingegneria chimica e di processo.

1. *Considerazioni introduttive: l'ingegneria chimica ambientale.*
2. *Il sistema ambiente*

2.1. *L'ambiente* – 0. Generalità. 1. Le tipologie ambientali. 2. Progettazione ambientale. 3. Il sistema informativo ambientale. 4. L'ecosistema e le sue componenti. 5. Modelli ecologici.

2.2. *L'inquinamento ambientale* – 0. Generalità. 1. Conseguenze. 2. Costi.

2.3. *Gli inquinanti ambientali* – 1. Tipi. 2. Proprietà. 3. Parametri caratteristici. 4. Effetti.

2.4. *Le sorgenti inquinanti* – 1. Tipi. 2. Caratteristiche. 3. Effetti.

2.5. *Il monitoraggio ambientale*: 0. considerazioni di carattere generale. 1. monitoraggio delle emissioni. 2. monitoraggio della qualità ambientale.

3. *Il processo di inquinamento ambientale* – 0. Generalità. 1. Concetti elementari di climatologia, meteorologia e idrologia. 2. il trasporto e la trasformazione degli inquinanti nell'ambiente: considerazioni di carattere generale e per specifici comparti ambientali. 3. Elementi di ecotossicologia.

4. *Interventi contro l'inquinamento ambientale* – 1. Obiettivi (prevenzione, protezione, bonifica). 2. Modalità d'intervento (sulla sorgente, sull'emissione, sull'immissione, sul ricettore) 3. Gli standard di qualità dell'ambiente. 4. Il criterio della migliore tecnologia disponibile. 5. I fattori di emissione. 6. Gli indici di qualità dell'ambiente. 7. Analisi costi-benefici.

5. *Norme per la tutela dell'ambiente dall'inquinamento* – 1. Le norme di carattere generale e le nome di settore. 2. Il ruolo della UE 3. Approccio integrato alla tutela dell'ambiente. 4. Cenni sui sistemi di gestione ambientale

7. *Elementi di analisi di processo*

7.1. *Cenni di teoria dei sistemi* – 1. Definizioni e classificazione. 2. Stato, controllabilità, osservabilità e stabilità. 3. Algebra degli schemi a blocchi. 4. Collegamenti elementari dei sottosistemi.

7.2. *Le relazioni di base* – 0. Generalità. 1. Equazioni integrali di bilancio. 2. Stadi di equilibrio. 3. Equazioni cinetiche. 4. Modelli fluodinamici semplici. 5. Equazioni di bilancio locale di un mezzo continuo. 6. Equazioni costitutive.

7.3. *Applicazioni* – 1. Operazioni unitarie dell'ingegneria chimica ambientale. 2. Ingegneria delle reazioni chimiche ambientali. 3. Dispersione degli inquinanti nell'ambiente.

Testi consigliati:

Sono messi a disposizione degli studenti gli appunti delle lezioni dove, per ogni argomento, è riportata la bibliografia essenziale.

FORABOSCHI F.P., *Principi di Ingegneria Chimica*, UTET, Torino, 1973.
SCHNOOR J.L., *Environmental Modeling*, Wiley-Interscience, New York, 1996.
MACKAY D., *Multimedia Environmental Models*, Lewis, Chelsea, 1991.
MARSILI-LIBELLI S., *Modelli matematici per l'ecologia*, Pitagora, Bologna, 1989.
EL-HALWAGI M.M., *Pollution Prevention through Process Integration*, Academic Press, San Diego, 1997.
CONNELL D.W., *Environmental Chemistry*, Lewis, Boca Raton, 1997.
COOPER C.D., ALLEY F.: *C. Air Pollution Control – A Design Approach*, Waveland Press Inc., Prospect Heights, 2nd Ed., 1994.

HEMOND H.F., FECHNER-LEVY E.J.: *Chemical Fate and Transport in the Environment Academic Press*, S.Diego 2nd Ed., 2000.
ALLEN D.T., SHONNARD D.R.: *Green Engineering - Environmental Conscious Design of Chemical Processes*, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, 2002.

Esame: consiste in una prova orale.

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE L **BO, cds: R**
Docente: **Francesco Santarelli** prof. ord.

L'Insegnamento ha per oggetto lo studio del sistema ambiente con le metodologie dell'ingegneria chimica e di processo.

1. *Considerazioni introduttive*: l'ingegneria chimica ambientale.
2. *Il sistema ambiente*

2.1. *L'ambiente* – 0. Generalità. 1. Le tipologie ambientali. 2. Progettazione ambientale. 3. Il sistema informativo ambientale. 4. L'ecosistema e le sue componenti. 5. Modelli ecologici.
2.2. *L'inquinamento ambientale* – 0. Generalità. 1. Conseguenze. 2. Costi.
2.3. *Gli inquinanti ambientali* – 1. Tipi. 2. Proprietà. 3. Parametri caratteristici. 4. Effetti.
2.4. *Le sorgenti inquinanti* – 1. Tipi. 2. Caratteristiche. 3. Effetti.
2.5. *Il monitoraggio ambientale*: 0.considerazioni di carattere generale. 1. monitoraggio delle emissioni. 2. monitoraggio della qualità ambientale.

3. *Il processo di inquinamento ambientale* – 0. Generalità. 1. Concetti elementari di climatologia, meteorologia e idrologia. 2. il trasporto e la trasformazione degli inquinanti nell'ambiente: considerazioni di carattere generale e per specifici comparti ambientali. 3. Elementi di ecotossicologia.
4. *Interventi contro l'inquinamento ambientale* – 1. Obiettivi (prevenzione, protezione, bonifica). 2. Modalità d'intervento (sulla sorgente, sull'emissione, sull'immissione, sul ricettore) 3. Gli standard di qualità dell'ambiente. 4. Il criterio della migliore tecnologia disponibile. 5. I fattori di emissione. 6. Gli indici di qualità dell'ambiente. 7. Analisi costi-benefici.
5. *Norme per la tutela dell'ambiente dall'inquinamento* – 1. Le norme di carattere generale e le nome di settore. 2. Il ruolo della UE 3. Approccio integrato alla tutela dell'ambiente. 4. Cenni sui sistemi di gestione ambientale.

Sono messi a disposizione degli studenti gli appunti delle lezioni dove, per ogni argomento, è riportata la bibliografia essenziale.

Testi di riferimento

COOPER C.D., ALLEY F.: *C. Air Pollution Control – A Design Approach*, Waveland Press Inc., Prospect Heights, 2nd Ed., 1994.
HEMOND H.F., FECHNER-LEVY E.J.: *Chemical Fate and Transport in the Environment Academic Press*, S. Diego 2nd Ed., 2000.
ALLEN D.T., SHONNARD D.R.: *Green Engineering - Environmental Conscious Design of Chemical Processes*, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, 2002.
SCHNOOR J.L., *Environmental Modeling*, Wiley-Interscience, New York, 1996.

Esame: consiste in una prova orale

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA II **BO, cds: Q**
Docente: **Ferruccio Doghieri** prof. straord.

1. Analisi dimensionale (dimensioni fondamentali e sistemi di unità di misura, teorema di Buckingham, similitudine dinamica)
2. Statica dei fluidi (distribuzione di pressione in liquidi e gas in quiete, spinta di galleggiamento, condizioni di stabilità)
3. Bilanci di materia e quantità di moto (bilanci integrali di massa, quantità di moto e momento della quantità di moto, equazione di continuità e bilancio locale di quantità di moto)
4. Equazioni costitutive per lo sforzo in fluidi viscosi (fluido ideale, fluido newtoniano, fluido viscoso non newtoniano, fluido di Bingham)
5. Moto di fluidi incompressibili in condotti a pressione (bilancio di energia meccanica, perdite di carico, reti di condotte, problemi di verifica e di progetto)
6. Flusso esterno (coefficienti di trascinamento, velocità terminale di caduta di particelle)
7. Moto di fluidi compressibili (moto adiabatico e isotermo in condotti a sezione costante, efflusso da ugelli)
8. Pompe e compressori (movimentazione dei fluidi con pompe centrifughe e compressori, scelta della pompa)
9. Moto in canali (moto uniforme e gradualmente variato, velocità critica, problema di progetto)
10. Colpo d'ariete (calcolo della sovrapressione, sistemi di protezione)
11. Soluzioni per campi di velocità in moto laminare (teoria della penetrazione, trattazione elementare dello strato limite)
12. Flusso bifase (flusso gas-liquido, flusso in mezzi porosi, fluidizzazione)
13. Misure e controllo (cenni di statistica, misure di portata, controllo di portata)
14. Analogie coi fenomeni di trasporto di calore e materia (trasporto molecolare e convettivo, coefficienti di trasporto)

Prova d'esame: orale

Testo di riferimento:

J. F. Douglas, J. M. Gasiorek, J. A. Swaffield, *Fluid Mechanics*, 4/E, Prentice Hall, 2001.

Ulteriori letture suggerite:

R. Darby, *Chemical Engineering Fluid Mechanics*, 2/E, Marcel Dekker, 2001.

PRINCIPI E METODOLOGIE DELLA PROGETTAZIONE MECCANICA **BO, cds: M, N**
Docenti: **Alessandro Freddi** prof. ord.
Giorgio Bartolozzi prof. ord.

L'Insegnamento si propone lo studio della impostazione, sviluppo e gestione del progetto concettuale delle macchine nei suoi aspetti funzionale, produttivo, economico.

A questo fine l'insegnamento è articolato nel modo seguente:

1. Elementi di progettazione simultanea:

La qualità del prodotto e del processo. L'analisi di affidabilità. L'analisi dei guasti. Concetto di manutenibilità.

2. Principi di progettazione metodica:
La chiarificazione del compito e la stesura della specifica. Il progetto concettuale. Industrializzazione del progetto.

3. La meccanica sperimentale nella progettazione:
La progettazione dell'esperimento.

4. Progetto e calcolo di componenti speciali:
Recipienti a pressione. Vibrazioni flessionali e torsionali degli alberi. Alberi a gomito di motori alternativi.

L'Insegnamento, previsto per gli allievi meccanici e nucleari (per questi ultimi con opportune riduzioni di programma), è integrato con i corsi di Costruzione di macchine, Costruzione di macchine e robot e di Costruzioni e progetti nucleari.

Tuttavia le metodologie per affrontare la progettazione concettuale e i concetti di *qualità* sono contenuti di validità generale per la formazione dell'ingegnere, particolarmente se egli dovrà occuparsi professionalmente della progettazione e della gestione *di sistemi*, il ciclo di vita dei quali, oltre alla fase di progettazione, è caratterizzato da fasi di esercizio e di manutenzione che richiedano elevati livelli di affidabilità e di sicurezza. Sia per gli allievi meccanici come per quelli nucleari sono previste esercitazioni articolate nel modo seguente, differenziate per i due soggetti:

– Progetti svolti da gruppi di studenti su temi concordati, in collaborazione con enti e industrie:
– Disegno a mano libera di complessivi semplici;
– Esercitazioni sul dimensionamento di recipienti a pressione;
– Esercitazioni sulle vibrazioni degli alberi;
– Esercitazioni sull'analisi del guasto.

Libri consigliati:

Dispense dell'insegnamento.
Pahl G. e Beitz W., *Engineering Design*, Springer Verlag, 1988.
Ullman G.D., *The Mechanical Design Process*, Mc Graw-Hill, 1992.
Dal Re V., *Costruzioni di apparecchiature chimiche: lezioni ed esercitazioni*, vol. 1 e 2, Progetto Leonardo, Bologna, 1992.
Cesari F., *Metodi di calcolo nella dinamica delle strutture*, Pitagora editrice, Bologna, 1993.
Gevirtz C., *Developing new Products with TQM*, McGraw-Hill, 1994.
Giovannozzi R., *Costruzione di macchine*, vol. II, Pàtron Editore, rist. 1990.

PROCESSI BIOTECNOLOGICI AMBIENTALI

BO, cds: R

Docente: **Carlo Gostoli** prof. straord.

Elementi di microbiologia (cellule eucariote e procariote, virus, classificazione dei microorganismi). Elementi di biochimica (polisaccaridi, lipidi, proteine, acidi nucleici). Cinetica chimica ed enzimatica. Metabolismo ed energetica delle cellule. Mutazioni, Ingegneria genetica. Crescita microbica, rese di crescita, bilanci di massa, colture continue. Popolazioni miste (competizione, predazione ecc.). Trasporto di materia in sistemi biologici. Bioreattori (agitati, air-lift, a biomassa

immobilizzata). Sterilizzazione da terreni. Processi di fermentazione (produzione di biomasse e di metaboliti). Tecniche di separazione a membrana.

PROCESSI DI TRASPORTO DI MATERIA E REATTORISTICA CHIMICA L **BO, cds: Q**

Docente: **Carlo Gostoli** prof. straord.

1. Richiami di cinetica chimica: velocità di reazione, reazioni elementari e non elementari, ordine di reazione, catalisi ed enzimi, cinetica di crescita microbica, dipendenza della velocità di reazione dalla temperatura.

2. Modelli fluidodinamici. semplici: fase perfettamente miscelata e corrente monodimensionale, funzione di distribuzione dei tempi di permanenza, bilanci di materia ed energia per fase perfettamente miscelata e per flusso a pistone, reattori continui a tino e tubolari, reattori a tino in serie, reattori discontinui.

3. Trasporto di materia fra fasi: descrizione dei principali processi di separazione, equilibrio fra fasi (richiamo), coefficienti globali di trasporto, variabili di composizione, esempi di calcolo di apparecchiature (altezza di una colonna di assorbimento), coefficienti di trasporto di fase.

4. La diffusione: trasporto diffusivo e trasporto convettivo, la legge di Fick, diffusione in gas, liquidi e solidi, diffusione stazionaria e non stazionaria in geometria piana, cilindrica e sferica, applicazioni.

5. Trasporto di materia in sistemi reagenti: reazioni fluido-solido, reazioni fluido-fluido, trasporto gas-liquido in fermentatori, catalisi eterogenea, il fattore di efficienza.

6. Diffusione in fluidi: convezione generata dalla diffusione, diffusione in film stagnante, miscele ideali e miscele di gas perfetti.

7. Trasporto di materia in moto laminare: problema di Graetz, soluzione asintotiche.

8. Trasporto di materia in fluidi in moto: teoria del film (Lewis – Whitman), correlazioni empiriche per i coefficienti di trasporto, analisi dimensionale, analogia matematica fra trasporto di materia, calore e quantità di moto, trasporto simultaneo di materia e calore (temperatura di bulbo umido).

9. Applicazioni: le applicazioni, considerate soprattutto a livello di esercitazioni, potranno riguardare: operazioni di contatto fra fasi, essiccamento, processi a membrana.

Testi consigliati:

1. Appunti del docente
2. Cussler E.L., *Diffusion, Mass Transfer in Fluid System*, Cambridge University Press, 1984.
3. Sherwood T.K., Pigford R.L., Wilke C.R., *Mass Transfer*, Mc Grow Hill, 1975.
4. F.P. Foraboschi, *Principi di Ingegneria Chimica*, Utet, 1973.
5. Bird B.R., Stewart W.E., Lightfoot E.N., *Transport Phenomena*, John Wiley & Sons, 1960.
6. O. Levenspiel, *Ingegneria delle reazioni chimiche*, Casa editrice ambrosiane, Milano, 1978.

Esame: prova scritta e orale

PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA L **BO, Cds: E, N**
Docente: **Alberto Borghetti** prof. ass.

Obiettivi

Il corso riguarda la produzione di energia elettrica dalle diverse fonti primarie di energia e si propone di fornire le conoscenze di base riguardanti:

– la gestione ed il controllo della produzione di energia elettrica e della rete di trasmissione, tenendo in considerazione gli effetti delle recenti riorganizzazioni del mercato dell'energia elettrica;

– l'integrazione degli impianti di produzione nei sistemi elettrici industriali e nelle reti di distribuzione pubblica di media e bassa tensione, con particolare riguardo alla produzione da fonti rinnovabili.

Programma

Lezioni

– Strutture del sistema elettrico per l'energia e caratteristiche generali dei diversi tipi di impianti di produzione dell'energia elettrica.

– Programmazione previsionale della produzione e criteri di ottimizzazione economica: programmazione a lungo termine (programmazione della manutenzione; programmazione degli invasi; opportunità degli scambi; programmazione dell'approvvigionamento dei combustibili); programmazione a medio termine (determinazione del programma di servizio dei gruppi); programmazione a breve termine (dispacciamento economico della generazione di potenza attiva).

– Vincoli dovuti alle caratteristiche della rete di trasmissione e sicurezza del sistema elettrico contro i rischi di blackout.

– Sistemi di regolazione della generazione. Prestazioni minime richieste ai gruppi di generazione per la connessione alla rete di trasmissione nazionale.

– Generazione distribuita.

– Impianti di generazione da fonte rinnovabile (eolica e solare) e loro integrazione nel sistema elettrico.

Esercitazioni

Il corso comprende esercitazioni in aula ed al calcolatore, in parte differenziate per gli allievi del corso in ingenegneria elettrica e quelli del corso in ingenegneria energetica, ed è completato da visite ad impianti di produzione illustrati in precedenza.

L'esame consiste in una prova orale.

Testi consigliati

Le dispense sono a disposizione degli studenti del corso nel sito http://www.ing.unibo.it/nucci/ e contengono i riferimenti per l'approfondimento dei singoli argomenti. I testi consigliati sono:

A.J. Wood, B. Wollemberg, *Power generation, operation, and control*, John Wiley & Sons, 1996.

M.R. Patel: *Wind and Solar Power Systems*, CRC Press, 1999 (disponibile in http://www.engnetbase.com/).

PRODUZIONE DEGLI IDROCARBURI L **BO, cds: R**

Docente: **Ezio Mesini** prof. ass.

Scopo dell'insegnamento è di fornire le conoscenze di base per lo studio ingegneristico dei giacimenti di idrocarburi, per la esplorazione, produzione e sviluppo.

Programma

Parte prima

Nozioni elementari sulla sulla naftogenesi e migrazione dei giacimenti di idrocarburi, sulla pressione e temperatura di giacimento.. Richiami sulle tecniche di previsione del comportamento dei giacimenti di idrocarburi. Situazione attuale dell'ingegneria dei giacimenti. "Formation Evaluation": obiettivi e metodologie impiegate. Carotaggi meccanici di fondo e di parete. Fattori che influenzano la qualità delle carote. Analisi petrofisiche su carote: analisi standard (porosità, permeabilità, saturazione in acqua residua, Grain Density, fattore di resistività della formazione) e analisi speciali (pressione capillare, permeabilità relative, bagnabilità). Surface Logging: cenni sulle tecniche attuali tecniche di misura e di analisi dei fluidi, dei gas e dei detriti durante la fase di perforazione. Loro utilizzo nel processo di Formation Evaluation. Log geofisici di pozzo: generalità sulle tecniche impiegate per la valutazione degli idrocarburi in posto, log wireline e while drilling. Parametri petrofisici e loro relazioni con i parametri fisici della formazione. Log litologici, di resistività (macro e micro) ed induttivi. Log di porosità acustici e nucleari.

Meccanismi di drenaggio. Classificazione dei giacimenti. Comportamento di fase e volumetrico dei greggi, dei gas a condensato e dei gas secchi. Metodo di calcolo dei parametri termodinamici. Cenni sulla cella PVT. Rocce serbatoio: caratteristiche petrofisiche e di trasporto. Risorse e riserve. Definizione delle riserve e loro calcolo con il metodo volumetrico. Metodo dinamico. Bilancio di massa. Flusso radiale dei fluidi nei mezzi porosi. Equazione della diffusività in variabili adimensionali. Valutazione dell'ingresso d'acqua nei giacimenti secondo Schilthuis e Hurst. Soluzione di van Everdingen e Hurst per flusso in regime transitorio. Giacimenti di olio sottosaturo. Giacimenti di olio saturo a volume costante, con ingresso d'acqua, con cappa di gas. Cono di gas e cono d'acqua. Evoluzione nel tempo del regime di flusso. Interpretazione delle prove di produzione nei pozzi ad olio. Lo spiazzamento degli idrocarburi. Lo spiazzamento immiscibile monodimensionale in mezzi porosi omogenei equazioni di flusso frazionario, di Buckley-Leverett e di Welge. Il recupero migliorato dei greggi mediante iniezione d'acqua: distribuzioni tipiche dei pozzi di iniezione e di produzione. Nozioni di efficienza microscopica e di efficienza volumetrica di spiazzamento.

Parte seconda

Il completamento dei pozzi: completamento a foro scoperto ed a foro rivestito, prevenzione dell'ingresso delle sabie, tubing, packer ed altre attrezzature. Completamenti singoli e multipli. La produzione dei fluidi di strato: pozzi ed erogazione spontanea, pompe ad astine, gas-lift, cenni su altri tipi di pompe. La manutenzione del pozzo: operazione di stimolazione per acidificazione e fratturazione, dissabbiamento, cementazione secondaria, ecc. Trattamenti in campo del gas: caratteristiche del gas naturale, gli idrati e la loro prevenzione; impianti di disidratazione, cenni sulla desolforazione e sul degasolinaggio. Trattamento in campo dell'olio: caratteristiche dei greggi, impianti di stabilizzazione, emulsioni e loro trattamento, cenni sulla desalificazione. La produzione in mare. Il trasporto degli idrocarburi, aspetti tecnici ed economici. Il moto dell'olio e del gas nelle condotte.

Il trasporto dei greggi molto viscosi. Il moto polifasico nelle condotte. Le condotte: calcolo

statico, la corrosione, la protezione catodica, il rivestimento, gli inibitori. Stazioni di compressione: pompe e compressori, dispositivi di misura, controllo e regolazione. Principi di progettazione: rete di collegamento dei pozzi. Oleodotti e metanodotti, scelta del tracciato, dimensionamento in base a criteri economici. Cenni sullo stoccaggio sotterraneo e sulla liquefazione del gas naturale.

Testi consigliati

HELANDER D.P., *Fundamentals of Formation Evaluation*, OGCI Publications, 1983.
DRESSER ATLAS, *Well logging and intrepretation techniques*, Dresser Atlas Industries, 1982.
SCHLUMBERGER, *Log Interpretation Principles/Applications*, Houston, 1989.
CHIERICI G.L., *Comportamento volumetrico e di fase degli idrocarburi nei giacimenti*, Giuffrè Editore, Milano, 1962.
MACINI P., MESINI E., *Alla ricerca dell'energia. Metodi di indagine per la valutazione delle georisorse fluide*, Clueb, Bologna, 1998.
CHILINGAR G.V., ROBERTSON J.O., KUMAR S. (Eds.), *Surface operations in petroleum production I and II*, Elsevier, Amsterdam 1989.
CHIERICI G.L., *Principi di ingegneria dei giacimenti petroliferi*, Milano, 1989.
DAKE, L.P., *Fundamentals of Reservoir Engineering*, Amsterdam, 1978.
CRAFT, B.C., HAWKINS, M.F., *Petroleum Reservoir Engineering*, Englewood Cliffs, 1959.

PROGETTAZIONE INTEGRALE L **CE, cds: dud**
Docente: **Angelo Mingozzi** prof. inc.

L'ecosostenibilità come principio guida della progettazione integrale:

L'ambiente antropizzato contemporaneo viene troppo spesso realizzato alterando i cicli delle risorse naturali e causando squilibri ambientali che rendono sempre più fragili le interazioni con i sistemi ambientali. La produzione edilizia è, a diversi livelli, largamente partecipe di questa condizione di squilibrio, a partire dalla materia prima, che costituisce i materiali da costruzione, passando attraverso le scelte progettuali, alla gestione, fino alla demolizione del manufatto edilizio ed al suo smaltimento.

Data la condizione attuale, è necessaria una inversione di tendenza e la definizione di nuovi modelli di programmazione e di progettazione che, a partire da una visione integrale dell'architettura, propongano un'innovazione dei rapporti con l'ambiente, sfruttandone le potenzialità intrinseche senza peggiorarne la qualità. In particolare, la gestione delle risorse ambientali richiede un approccio progettuale di tipo complessivo, finalizzato alla *"chiusura" dei cicli dell'energia, dell'acqua, dell'aria e della materia.*

Gli operatori del processo edilizio, ed in particolare il gruppo di progettazione, devono essere in grado di prevedere e considerare le dinamiche e i coinvolgimenti che le loro scelte, determineranno nel tempo, sugli abitanti e sull'intorno prossimo e lontano degli interventi, ad ogni scala, da quella territoriale a quella architettonica. Tale responsabilità, nei confronti della nostra e delle future generazioni, richiede una nuova concezione di architettura, che deve necessariamente prevedere e prendere consapevolezza degli oneri sociali ed ambientali estesi al di là del solo momento di utilizzo del manufatto edilizio.

Il *progetto ecosostenibile* richiede quindi un approccio che riconosca la complessità del processo di progettazione stessa e sappia governarla, allo scopo di raggiungere i due *obiettivi generali* complementari che lo caratterizzano: la *salvaguardia dell'ambiente* e *l'uso razionale delle risorse e delle potenzialità offerte dal sito,* in relazione agli obiettivi di benessere e di risparmio energetico e della valorizzazione delle risorse ambientali.

Volendo descrivere gli elementi costituitivi e caratteristici della progettazione integrale ed

ecosostenibile devono essere citati brevemente:

- l'esigenza di intervenire in modo coordinato e coerente nelle *diverse scale progettuali, basandosi su un definito metodo di progettazione;*
- *l'interdisciplinarietà e la messa a sistema degli aspetti ambientali, sociali, ed economici,* ovvero la necessità di coinvolgere e coordinare in tutte le fasi del processo edilizio ed alle diverse scale progettuali specialisti di diversi settori coinvolti nel progetto ecosostenibile, con obiettivi ed un linguaggio comuni;
- l'attività di *verifica delle scelte progettuali,* alle diverse scale, lungo il processo edilizio e considerando l'intero ciclo di vita dell'organismo edilizio, in relazione agli obiettivi generali e specifici del progetto ecosostenibile.

Il metodo progettuale proposto serve a fornire *basi comuni di dialogo* ai diversi operatori nelle diverse fasi del processo edilizio e permette al progettista architettonico di governare tale complessità,

Gli ambiti didattici:

Il corso si prefigge lo scopo di fornire metodi di analisi e strumenti operativi per la gestione e la regia delle fasi del processo edilizio, con particolare riferimento alle tematiche legate all'ecosostenibilità, intesa come la chiave di lettura della progettazione integrale.

- ***Il processo decisionale: dall'analisi del sito alla definizione degli obiettivi di progetto***

Il quadro normativo di riferimento alle diverse scale edilizie.

La lettura analitica dei *fattori ambientali e dei fattori climatici* e la definizione degli obiettivi progettuali, attraverso la *scomposizione in parti del problema,* che non riguarda solo gli aspetti architettonici, strutturali ed impiantistici, ma il ciclo della materia, gli aspetti energetici, la qualità dell'aria, il ciclo ed uso dell'acqua, ecc...; e la successiva *ricomposizione e messa a sistema* delle singole parti, in una visione integrale.

Analisi del clima igrotermico e precipitazioni, della disponibilità di fonti energetiche rinnovabili, della disponibilità di luce naturale, del clima acustico, dei campi elettromagnetici.

L'obiettivo della salvaguardia dell'ambiente nella fase di produzione fuori opera, in sito e durante la vita del complesso insediativo ed edilizio. L'obiettivo di uso razionale delle risorse per il risparmio energetico e per la realizzazione di condizioni di benessere, igiene e salute degli utenti.

- ***Uso razionale delle risorse e salvaguardia ambientale nel processo costruttivo e gestionale***

La risorsa energetica: il sistema edificio-impianto in relazione al controllo energetico, i sistemi solari passivi e attivi, le strategie per la ventilazione naturale e il raffrescamento passivo, l'illuminazione naturale.

La risorsa idrica: cenni sul ciclo dell'acqua e sul bilancio idrico, la fitodepurazione, etc.*La materia:* le procedure di analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment), la gestione dei rifiuti.

- ***Le politiche ambientali in edilizia per lo sviluppo sostenibile***

Le valutazioni di impatto ambientale, l'utilizzo di incentivi di carattere finanziario, l'audit energetico, l'adesione al sistema di ecolabel, integrazione tra i sistemi ambiente, sicurezza e qualità, i regolamenti EMAS e norme della serie ISO 14000.

Esercitazioni:

Le esercitazioni, consistono nell'applicazione pratica delle metodologie e delle strumentazioni trattate nell'ambito delle lezioni, con particolare riferimento alle tecniche di controllo ambientale nella fase di progetto, di rilievo e di collaudo, anche con l'utilizzo di strumenti informatici e strumenti di misura.

Supporti alla didattica:

Durante il corso saranno forniti agli allievi, dispense, riferimenti bibliografici e normativi per l'approfondimento delle specifiche tematiche trattate. Saranno inoltre organizzati seminari di approfondimento di temi specifici, con il coinvolgimento di specialisti provenienti dal mondo accademico e dell'impresa.

PROGETTO DI CIRCUITI ANALOGICI LA

BO, cds: L

Docente: **Guido Masetti** prof. ord.

Finalità del corso

Analisi e progetto dei blocchi circuitali analogici integrati fondamentali.

Programma del Corso

Dispositivi elettronici integrati: generalità sui semiconduttori, modello matematico dei dispositivi, giunzione pn in equilibrio e fuori equilibrio, calcolo della relazione statica corrente-tensione, effetti reattivi in polarizzazione diretta ed inversa; il transistore MOS, calcolo delle caratteristiche statiche di corrente, effetti reattivi; modelli dei dispositivi, utilizzo di un simulatore di tipo SPICE.

Schemi di base di specchi di corrente ed amplificatori a singolo stadio: specchio di corrente elementare, stadi a source/drain/gate comune, specchi di corrente cascode e di Wilson, stadio amplificatore di tipo cascode, stadio differenziale; analisi in frequenza di alcuni stadi fondamentali.

Il rumore nei dispositivi e circuiti elettronici: analisi e modellistica, esempi di analisi di rumore.

Schemi di base di amplificatori operazionali e generalità sulla compensazione: analisi dell'opamp a due stadi, tecniche di compensazione, compensazione indipendente da variazioni del processo e dalla temperatura, esempi.

Schemi di specchi di corrente ed operazionali avanzati: specchi di corrente ad ampio "swing" ed alta resistenza d'uscita, opamp di tipo "folded-cascode", opamp completamente differenziali, circuiti di stabilizzazione della tensione di modo comune d'uscita, opamp con retroazione in corrente.

Comparatori: generalità e schemi di base.

Testi consigliati:

D.A. JOHNS, K. MARTIN, *Analog integrated circuit design*, Ed. Wiley & Sons.

PROGETTO DI CIRCUITI ANALOGICI LS

BO, cds: L

Docente: **Antonio Gnudi** prof. ass.

Finalità del corso

Fornire le conoscenze per la progettazione e l'analisi dei fondamentali blocchi analogici, comprendenti considerazioni sul layout, amplificatori operazionali, comparatori, circuiti di sample and hold, filtri a condensatori commutati, convertitori A/D e D/A, filtri tempo continui.

Programma del Corso

Layout dei circuiti analogici. Problemi di match dei transistori MOS causati dalle derive spaziali dei parametri del processo di fabbricazione e tecniche di interdigitazione per contrastarne l'effetto.

Amplificatori operazionali avanzati. Schemi completamente differenziali, stabilizzazione della tensione di modo comune d'uscita, schemi con reazione in corrente.

Moduli analogici di particolare interesse applicativo. Comparatori e loro parametri caratteristici, tecniche di auto-zero, comparatori latch, circuiti di sample and hold, tecniche per la compensazione dell'iniezione di carica, riferimenti di tensione.

Convertitori A/D e D/A. Generalità e parametri caratteristici, convertitori a rampa, R-2R, convertitori ad approssimazioni successive, convertitori flash, convertitori a sovracampionamento, convertitori sigma-delta.

Filtri a condensatori commutati. Richiami sui segnali tempo-discreti e sulle trasformate z, integratori, influenza delle capacità parassite, filtri elementari a condensatori commutati, esempi applicativi.

Filtri tempo-continui. Filtri a transconduttanza e capacità, schemi di transconduttori lineari, filtri MOSFET-C, compensazione della risposta del filtro al variare della temperatura e dei parametri di processo.

Esercitazioni.
Progetto di blocchi funzionali tramite strumenti CAD.

Testi consigliati:

D.A. JOHNS, K. MARTIN, *Analog integrated circuit design*, Wiley 1997.

PROGETTO DI SISTEMI ELETTRONICI L **BO, cds: E**
Docente: **Roberto Guerrieri** prof. straord.

Il modulo analizza i problemi che debbono essere risolti quando si intraprende il progetto di sistemi elettronici realizzati su schede. In particolare, si considerano importanti fattori di tipo fisico, relativi alla dissipazione di calore, elettrico, concernenti la distribuzione di segnale, alimentazione e clock ed infine logico, quando si passi alla scelta dei componenti più opportuni per realizzare tutte quelle funzionalità non convenientemente disponibili nei circuiti integrati commercialmente reperibili.

Elementi del modulo

1) La progettazione logica su scheda. Gli FPGA: analisi di architetture significative.
2) Linguaggi di progetto hardware applicati a FPGA: il VHDL.
3) La realizzazione fisica di sistemi digitali ad elevate prestazioni. Il problema del packaging e la rimozione di calore.

4) Gestione del segnale elettrico su package e scheda. Modelli distribuiti e a parametri concentrati di pin e linee di trasmissione su scheda.
5) I rimbalzi di segnale e le tecniche per ridurli. La modulazione incrociata del segnale.
6) La distribuzione del clock e delle alimentazioni.
7) Problemi elettrici relativi al progetto di bus. La metastabilità nei bus asincroni.

Esercitazioni
Programmazione in VHDL applicata a FPGA
Sintesi di FPGA
Progetto di schede usando software CAD

Testi suggeriti

H.B. BAKOGLU, "Circuits, Interconnections and Packaging for VLSI", Addison-Wesley, 1990.
S. HALL, G. HALL, J. MCCALL, "High-Speed Digital System Design", Wiley, 2000.
Materiale distribuito dal docente.

PROGETTO DI CIRCUITI A RADIOFREQUENZA LS **BO, cds: T**
Docente: **Diego Masotti** ric.

Finalità dell'insegnamento:
Il corso si propone di fornire un'introduzione generale ai principi di funzionamento e alle tecniche di progetto dei circuiti e sottosistemi a radiofrequenza per i moderni sistemi di telecomunicazioni, con particolare riferimento ai sistemi radiomobili. Particolare attenzione è dedicata alle metodologie di simulazione e progetto assistiti da elaboratore (CAD). Le esercitazioni di laboratorio sono intese a familiarizzare lo studente con i principali strumenti di CAD attualmente in uso nei laboratori di ricerca e sviluppo dell'industria del settore.

Programma dell'Insegnamento:
Il front-end ed i suoi blocchi funzionali fondamentali: architetture tipiche dei front-end per ricetrasmettitori portatili.
CAD dei circuiti a radiofrequenza e sua importanza
Circuiti non lineari: serie di Volterra; generazione di frequenze; spettri-troncamento.
Amplificatori: tipi; grandezze caratteristiche. Amplificatori ai piccoli segnali. Amplificatori ai grandi segnali: effetti non lineari; CAD.
Mixer: bilanciati, a reiezione di immagine, a banda laterale soppressa; CAD.
Oscillatori: condizioni di innesco e condizioni di oscillazione; dispositivi per oscillatori; stabilità; CAD.
Metodo del Bilanciamento Armonico: formulazione piecewise e nodale; schema generale del metodo; risoluzione del sistema: metodo di Newton.
Funzioni di rete per circuiti non lineari: compressione e distorsione in amplificatori/mixer.
Elaborazione non lineare di segnali a modulazione digitale: metodo del Bilanciamento Armonico a fasori tempo-varianti.
Progetto deterministico: dai progetti empirici allo sviluppo del CAD; progetto mediante analisi ripetute; specifiche e maschere; ottimizzazione e relativi algoritmi; progetto a banda stretta e a banda larga.
Progetto statistico: grandezze aleatorie che influiscono sulle prestazioni di un circuito; costo di un circuito realizzato; concetto di resa di produzione; centraggio della resa; progetto statistico

mediante ottimizzazione della resa.

Esercitazioni di laboratorio: illustrazione dell'uso di programmi di CAD commerciali; problemi di analisi e progetto risolti mediante programmi commerciali di CAD.

Testi consigliati:

Microwave circuit design using linear and nonlinear techniques; George D. Vendelin, Anthony M. Pavio, Ulrich R. Rhode; Wiley.
Nonlinear microwave circuits; Stephen A. Maas; Artech House.

Esame: consiste in una prova orale.
Propedeuticità consigliate: Componenti e circuiti a radiofrequenza LS.

PROPAGAZIONE LA **BO, cds:T**
Docente: **Paolo Bassi** prof. straord.

Finalità del corso

Consentire la comprensione dei fenomeni alla base della ropagazione libera e guidata delle onde elettromagnetiche e del loro impiego per la realizzazione di sistemi di telecomunicazioni.

PROGRAMMA DEL CORSO

Postulati di definizione del campo elettromagnetico. Equazioni di Maxwell. Relazioni costitutive dei mezzi materiali.

Teoremi (Formulazioni nel dominio del tempo): Teorema di Poynting. Teorema di unicità. Polarizzazione.

Grandezze sinusoidali e vettori complessi rappresentativi.

Formulazione nel dominio delle frequenze delle equazioni di Maxwell. Teorema di Poynting. Teorema di unicità. Equazioni di Helmholtz. Discontinuità e correnti superficiali. Conduttore elettrico e magnetico perfetto. Principio di dualità Cavità risonanti. Teorema di equivalenza. Teorema di reciprocità.

Propagazione in mezzi omogenei. Grandezze caratteristiche. Soluzione dell'equazione di Helmholtz in termini di onde piane e loro classificazione. Onde TEM, TE e TM. Riflessione e rifrazione. Propagazione di fasci di onde piane. Approssimazione parabolica.

Introduzione all'ottica geometrica. Ellissoide di Fresnel.

Soluzioni delle equazioni di Maxwell tramite potenziali. Metodo della funzione di Green.

Espressioni generali del campo. Problemi di scattering. Sorgenti elementari. Campo irradiato da un elemento di corrente. Campo vicino e campo a grande distanza. Momento equivalente.

Grandezze caratteristiche della radiazione: intensità di radiazione, funzione di radiazione, direttività e guadagno. Problema della ricezione. Area efficace. Formula di trasmissione. Cenni all'equazione del RADAR

Antenne composite e schiere.

Libri di testo consigliati:

Dispense del docente
oppure
V. Rizzoli, *Campi Elettromagnetici*, Esculapio.

oppure
G. CONCIAURO, *Introduzione alle onde elettromagnetiche*, McGraw-Hill, 1993.
oppure
M. N. O. SADIKU, *Elements of Electromagnetics*, 3rd edition, Oxford Univ. Press, 2000.

Testi di consultazione:

P. BASSI, G. BELLANCA, G. TARTARINI, *Propagazione ottica libera e guidata*, Bologna, CLUEB.
G.C. CORAZZA, *Campi elettromagnetici*, Bologna, Zanichelli.
G. FRANCESCHETTI, *Campi elettromagnetici*, Boringhieri.

PROPAGAZIONE LA **BO, CdS: L**
Docente: **Marina Barbiroli** ric.

Il corso si propone di fornire agli studenti strumenti di base per la comprensione dei fenomeni di propagazione del campo elettromagnetico, con particolare attenzione ai fenomeni della emissione, della propagazione in spazio libero e della ricezione di segnali radio.

Programma del corso

Postulati elementari dell'elettromagnetismo macroscopico, campo elettrico e magnetico. Richiamo delle Equazioni di Maxwell (EdM) in forma integrale. Sorgenti e utilizzatori.

Passaggio alle EdM in forma differenziale. Condizioni di continuità del campo su una superficie. Vettori complessi rappresentativi. Le EdM nei fasori. La permittività elettrica complessa.

Relazioni energetiche: il teorema di Poynting e il relativo vettore. Il teorema di unicità della soluzione.

Il problema omogeneo: una particolare soluzione delle EdM in un dominio mono-dimensionale: le equazioni delle onde nel dominio del tempo e della frequenza. La soluzione generale della equazione di Helmholtz: le onde piane uniformi TEM. Caratteristiche generali, cenno all'integrale generale di onde piane. Cenno su riflessione e rifrazione di onde piane. Metodi per guidare la propagazione: riflessione totale, principio delle fibre ottiche.

Il problema non omogeneo. Possibilità di soluzione delle EdM attraverso l'uso del potenziale vettore: indicazione della procedura.

Il campo generato da un elemento di corrente e quello di una distribuzione lineare di corrente. Espressione esatta del campo dell'elemento di corrente. Condizioni di campo vicino e lontano.

Il problema della radiazione affrontato attraverso principi di conservazione della energia, linearità, analogia tra campo lontano, onde sferiche ed onde piane locali.

Il momento equivalente, condizioni di campo lontano rispetto alle dimensioni della sorgente.

Antenne e loro caratterizzazione, funzione di radiazione, diagramma di radiazione, grandezze caratteristiche. Caratterizzazione di una antenna in emissione e ricezione. Area efficace, rendimento, guadagno in direttività ed in potenza. Cenno ai vari tipi di antenne. Formula di trasmissione e applicazioni. Progetto di massima di un radiocollegamento.

Programma delle esercitazioni

Richiami di matematica. Campi vettoriali, integrali di linea, di superficie, e di volume. Applicazione al caso vettoriale. Concetti di flusso e circuitazione. I sistemi di riferimento cartesiano, cilindrico e sferico.

Visualizzazione tramite strumenti software del campo e.m. Polarizzazione del campo e.m.

I potenziali elettrico e magnetico. Approssimazione circuitale nel caso quasistazionario. Circuiti a costanti concentrate. Capacità, induttanza, ecc. Leggi di Kirkhhoff e legge di Ohm generalizzata.

Circuiti a costanti distribuite. Il modello circuitale delle linee di trasmissione. Soluzione delle equazioni dei telefonisti e interpretazione nel caso privo di perdite. Esempi di adattatori.

Schiere di antenne uniformi, fattore di schiera, schiere broad-side, end-fire.

Esempi di interesse pratico. Esercizi d'esame.

Regolamento delle prove d'esame

Gli studenti sono fortemente consigliati a sostenere le due prove scritte parziali in alternativa alla prova scritta complessiva. L'esame consiste in una prova scritta e un orale. Quest'ultima si svolge nella data dell'appello ufficiale (in cui è possibile registrare il voto). Le prove scritte parziali si tengono approssimativamente a metà e alla fine del corso; quella parziale finale e quella complessiva nella data dell'appello ufficiale.

I compiti parziali devono essere entrambi sufficienti per poter accedere all'orale e il voto finale risulta dalla media complessiva delle due prove scritte e dell'orale.

Nel caso in cui si sostenga la prova complessiva quest'ultima e l'orale devono essere entrambe sufficienti per poter superare l'esame.

È possibile visionare ed eventualmente discutere la/e prova/e scritta/e solo all'orale.

Testi consigliati

Dispense del corso.

G. Conciauro, *Introduzione alle onde elettromagnetiche*, Mc. Graw Hill.

PROPRIETÀ TERMODINAMICHE E DI TRASPORTO — BO, cds: Q

Docenti: **Ferruccio Doghieri** prof. straord.
Giulio Cesare Sarti prof. ord.

Scopo dell'Insegnamento è quello di dare una visione unificante, nell'ambito della termomeccanica dei mezzi continui, dei processi fisici e chimici elementari, caratteristici delle situazioni di normale interesse per l'ingegnere chimico. Partendo dalle equazioni di conservazione di validità generale per i mezzi continui (leggi), attraverso l'individuazione delle modalità di comportamento di classi di materiali (equazioni costitutive), lo studente è posto in condizione di scrivere le equazioni con cui costruire il modello matematico di un dato fenomeno. Parallelamente vengono fornite tecniche specifiche per il calcolo di proprietà fisico-chimiche di fluidi puri e di miscele di particolare interesse per l'ingegnere chimico. Particolare attenzione è riservata a quei modelli di struttura molecolare che permettono di ottenere, per le grandezze di interesse, dei valori di previsione accettabili per i calcoli tecnici. L'esame, per una vasta serie di casi dei modelli matematici introdotti eventualmente semplificati sulla base di considerazioni fisiche, fornisce poi strumenti per valutare una serie di situazioni d'interesse pratico.

Elementi di calcolo tensoriale.

Elementi di cinematica per mezzi continui a uno o più componenti.

Equazioni di bilancio locale di materia, quantità di moto, energia (totale, termica, meccanica) per mezzi continui a uno o più componenti.

Equazioni costitutive del tensore degli sforzi; equazione di Navier-Stokes; condizioni per la

similitudine dinamica di moti in regioni geometricamente simili; soluzione esatta dell'equazione di moto per fluidi, newtoniani e no, in situazioni di flusso unidirezionale; creeping flow; flusso potenziale; equazione di Bernouilli; strato limite laminare.

Equazioni costitutive per il vettore densità di flusso di calore; equazione di Fourier, condizioni per la similitudine dinamica e termica; conduzione di calore in regioni piane e cilindriche; scambio termico con fluidi in moto con proprietà fisiche costanti; convezione naturale termica; convezione mista.

Equazioni costitutive del vettore densità di flusso diffusivo di materia, equazione generalizzata di Fick, flusso di Stefan, condizioni per la similitudine delle distribuzioni di velocità temperatura e concentrazione in moti in regioni geometricamente simili, diffusione pura in regioni piane e cilindriche, soluzioni della equazione generalizzata in assenza e in presenza di reazioni chimiche; strato limite con trasporto simultaneo di quantità di moto, calore e materia; convezione naturale di materia.

Restrizioni per le equazioni costitutive; termodinamica razionale; termodinamica dei processi irreversibili.

Proprietà di trasporto in gas e liquidi. Teoria di Eyring. Viscosità di sostanze pure, di soluzioni e viscosità di sospensioni. Conducibilità termica di sostanze pure e di soluzioni. Trasporto diffusivo di materia: coefficienti di autodiffusione, coefficienti di diffusione in miscele binarie. Diffusione in miscele multicomponenti.

Turbolenza, fluttuazioni e grandezze mediate, teorie fenomenologiche della turbolenza (ipotesi di Boussinesq, teoria lunghezza di mescolanza), profili universali di velocità.

Equazioni integrali di bilancio di materia, quantità di moto, energia (totale, termica e meccanica) per una corrente fluida.

Trasporto interfacciale di quantità di moto, fattore d'attrito, coefficiente di forma e di trascinamento, relazioni per il calcolo del fattore d'attrito, calcolo di perdite di carico.

Trasporto interfacciale di calore, coefficiente di convezione termica, numero di Nusselt, analogie di Reynolds, di Prandtl, di Lewis-Whitman, e di Chilton e Colburn fra trasporto di calore e di quantità di moto.

Trasporto interfacciale di materia, coefficiente di trasporto di materia, numero di Sherwood, numero di Sherwood generalizzato; analogie fra trasporto di materia e di quantità di moto, modello del rinnovo superficiale per il calcolo dei coefficienti di trasporto. Applicazione a problemi di particolare interesse per l'industria chimica.

Testi consigliati:

F.P. FORABOSCHI, *Principi di ingegneria chimica*, UTET.

R.B. BIRD, W.E. STEWART, M.E. LIGHTFOOT, *Fenomeni di trasporto*, CEA, Milano, traduzione di, Wiley Int. Ed., N.Y., 1960.

S. WHITAKER, *Introduction to Fluid Mechanics*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1968.

R. REID, J.M. PRAUSNITZ, T. SHERWOOD, *The Properties of Gases and Liquids*, McGraw Hill, 1977.

Propedeuticità consigliata: Principi di ingegneria chimica.

L'*esame* si articola in una prova scritta e in un colloquio.

PROTEZIONE DALLE RADIAZIONI L **BO, cds: N**

Docente: **Domiziano Mostacci** prof. ass.

I. *La radioattivtà*

Generalità sui nuclei;

Le reazioni nucleari indotte: cinematica della reazione; Q della reazione, reazioni endo ed esotermiche, soglie; sezioni d'urto;

Reazioni nucleari spontanee: radioattività; tipologie di radiazioni e loro origine; decadimento radioattivo: tipi di decadimento e di radiazioni emesse; attività;

Leggi del decadimento radioattivo, fluttuazioni statistiche;

Famiglie radioattive naturali;

II. *Interazione delle radiazioni con la materia*

Modalità di interazione delle particelle con la materia, principali approssimazioni; perdita di energia delle radiazioni, Stopping Power, Range, Straggling;

Specificità della radiazione beta, Bremsstrahlung, energia critica, scattering coulombiano multiplo, backscattering;

Modalità di interazione tra i fotoni e la materia, effetto fotoelettrico, effetto Compton, produzione di coppie; attenuazione di fasci di fotoni;

L'interazione dei neutroni, rallentamento, moderazione, diffusione.

III. *Fondamenti di dosimetria e misure*

Dosimetria esterna:

apparecchiature per la misura dei campi di radiazioni

principali grandezze usate nella dosimetria esterna

apparecchiature per la valutazione delle dosi esterne

metodi di monitoraggio delle dosi assorbite dall'esterno

Elementi di dosimetria interna:

contaminazioni interne da sostanze radioattive

cinetica e analisi compartimentale

principali grandezze usate nella dosimetria interna

panoramica sui metodi (MIRD e ICRP) per la determinazione della dose equivalente impegnata, con cenni sui metodi Montecarlo e sui fantocci

apparecchiature per la valutazione delle dosi interne

metodi di monitoraggio delle dosi assorbite dall'interno

IV. *Aspetti normativi della Radioprotezione*

Il D.Lgs. 230/95 s.m.i. (e successive modifiche ed integrazioni); norme amministrative e norme di buona tecnica; aspetti penali.

Quantità fisiche di interesse, loro definizione legali e definizioni legali delle loro unità di misura.

Principali prescrizioni per la detenzione, l'utilizzo, il trasporto etc. delle sorgenti di radiazione.

Limiti di dose per le varie categorie di lavoratori e per le persone del pubblico.

V. *Aspetti applicativi della Radioprotezione: sorveglianza fisica*

Utilizzo pratico dei coefficienti di dose per inalazione e per ingestione: valutazione delle dosi interne ed esterne per la sorveglianza fisica di radioprotezione.

Calcolo pratico di schermaggi per X e per gamma; criteri di schermaggio per neutroni. Assolvimento pratico degli obblighi inerenti la sorveglianza fisica di radioprotezione.

Svolgimento degli esami

L'esame è costituito da una prova orale nel corso della quale lo studente dovrà dimostrare di aver compreso i principi fondamentali trattati e dovrà saperli applicare a semplici problemi pratici.

Testi Adottati

Appunti del Docente
M. PELLICCIONI, *Fondamenti fisici della radioprotezione*, Ed. Pitagora, Bologna, 1998.

Testi Consigliati

H. CEMBER & H. CEMBER, *Introduction To Health Physics* 3A Ed., Ed. McGraw-Hill Professional, 1996.

PROTEZIONE IDRAULICA DEL TERRITORIO **BO, cds: R, C**
Docente: **Armando Brath** prof. ord.

1. Cenni generali
   1.1. Elementi di climatologia, meteorologia ed idrologia
   1.2. Definizione di unità ecologica
   1.3. La degrazione dell'ambiente naturale: acqua, aria suolo.

2. La degradazione dei terreni: azioni chimiche e fisiche; azione morfologica del calore solare, degli agenti atmosferici, della gravità, delle acque continentali, del mare.
   2.1. Acque superficiali:
   2.1.1. Acque continentali:
   – Azione della pioggia sui terreni; erosione, trasporto solido, sedimentazione.
   – Opera di difesa e sistemazione idraulica: rimboscimento; interventi estensivi ed intensivi; regolazione dei corsi d'acqua; prevenzione delle alluvioni; serbatoi naturali ed artificiali a scopo multiplo; bonifiche; il problema delle foci e delle lagune.
   2.1.2. Acque marine:
   – Azione chimica e fisica del mare sulle coste.
   – Opere di difesa dei litorali.
   2.2. Acque sotterranee
   – Principali proprietà idroligiche dei terreni; circolazione delle acque nel sottosuolo; sorgenti, pozzi, gallerie filtranti.
   – Protezione e conservazione delle risorse idriche del sottosuolo: inquinamenti, abbassamenti della superficie piezometrica, ravvenamenti delle falde, fenomeni di subsidenza superficiale.
   2.3. Movimenti franosi
   – Principali tipi di frane
   – Previsione e prevenzione delle frane: sistemazione dei pendii, drenaggi, impermeabilizzazioni.

3) Pianificazione territoriale: programmazione della utilizzazione delle risorse idriche - pianificazione degli insediamenti urbani ed industriali.

Testi consigliati

MINISTERO RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA, *Prima relazione sulla situazione ambientale del paese*, 1973.
COMMISSIONE INTERMINISTERIALE PER LO STUDIO DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA E DELLA DIFESA DEL SUOLO, *Relazione conclusiva, (1970) ed Atti (1974).*
Soc. HYDROTECNIQUE DE FRANCE, X JOURNÉES DE L'HYDRAULIQUE, *La prévision des croues*, 1968.
MINISTERO AGRICOLTURA E FORESTE, *Opere per la correzione dei torrenti*, Collana verde, 29, 1972.
G.B. CASTIGLIONI, *Geomorfologia*, UTET, 1986.
G. BENINI, *Sistemazioni idraulico-forestali*, CLEUP, Padova, 1978.
SCHWAB E ALTRI, *Elementary soil and water engineering*, Wiley, 1971.
VELZ, *Applied Stream Sanitation*, Wiley, 1970.

Per sostenere l'*esame* è indispensabile la conoscenza della Scienza delle costruzioni e dell'Idraulica. Si consiglia di frequentare con assiduità le lezioni, delle quali vengono forniti agli studenti gli appunti.

QUALITÀ DELL'ENERGIA ELETTRICA L — BO, cds: E

Docente: **Andrea Cavallini** prof. ass.

Obiettivi:

Il corso intende presentare in modo sistematico i disturbi alla qualità dell'energia, di natura transitoria e permanente. Per ogni tipo di disturbo sarà fornita la definzione operativa, le sorgenti, i problemi che esso arreca ed i modelli di propagazione dello stesso nelle reti di distribuzione, i sistemi di compensazione, cenni alla strumentazione necessaria per misurarne l'entità e la normativa vigente

Aspetti generali legati alla qualità dell'energia

Il costo del guasto in generale e per vari settori della produzione industriale. Aspetti economici legati alla qualità dell'energia: livello ottimo di investimenti, accordi fra distributore ed utente. La qualità dell'energia come servizio del mercato elettrico. Livelli di Immunità ed emissione di un dispositivo elettrico operante in un ambiente industriale: approccio deterministico ed approccio probabilistico. Disturbi transitori e disturbi permanenti della tensione, classificazione dei disturbi. Aspetti normativi: le norme EN e CEI, i documenti IEC ed IEEE, l'attività dell'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas (AEEG).

Calcolo del danno economico associato ai guasti elettrici.

Manutenzione e manutenibilità: tecniche di incremento della manutenibilità. Analisi di un sistema riparabile mediante catene di Markov. Disponibilità asintotica e puntuale. Frequenza di guasto di un sistema. Analisi della disponibilità di sistemi serie e parallelo. Analisi di sistemi industriali di distribuzione dell'energia attraverso lo standard IEEE 492 (Gold book). Analisi economica delle scelte.

Fenomeni permanenti: le armoniche nei sistemi elettrici

Definizione di armoniche. Problemi legati alle armoniche. La propagazione delle armoniche

nei sistemi elettrici: modelli delle reti ed aspetti probabilistici. La compensazione delle armoniche: filtri passivi e filtri attivi.

Fenomeni transitori: sovratensioni e buchi di tensione

Origine e sorgenti dei disturbi transitori: Tecniche di rimozione dei cortocircuiti nelle reti elettriche e loro effetto sulla disponibilità e qualità dell'energia elettrica. Propagazione dei disturbi transitori nelle reti elettriche di distribuzione. Immunità ai distrurbi transitori: la curva CBEMA Analisi probabilistica della immunità di un dispositivo operante all'interno di una rete. Metodologie di immunizzazione dei componenti elettronici.

Flicker

Definizione di disturbo flicker. Fastidio fisiologico arrecato dal flicker: la curva di suscettibilità soggettiva. Sorgenti di flicker nelle reti elettriche: forni ad arco, saldatrici. Compensazione dinamica della potenza reattiva nei forni ad arco come metodo per eliminare il flicker

REATTORI NUCLEARI AVANZATI **BO, cds: N**

Docente: **Francesco Premuda** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di avviare il futuro ingegnere nucleare alla trattazione dei fondamentali problemi fisici e fisico-matematici e di calcolo della progettazione neutronica dei reattori termici ad alta temperatura, dei reattori veloci e dei reattori a fusione.

Programma

Tecniche di trasporto di prima collisione per problemi di cella e multicella nei reattori termici intrinsecamente sicuri ed HTGR. Basi fisiche, studio della cinematica e calcolo delle probabilità di transizione in energia per le reazioni di scattering anelastico dei neutroni con i nuclei e reazioni (n, 2n), tra cui la n(D,Pn)n, e per le interazioni n-Li3 o Li3 nella nella neutronica degli schermi, dei reattori veloci e del breeding del trizio nei reattori a fusione. Problematiche fisiche e corrispondenti problematiche strutturali, ingegneristiche e di calcolo neutronico nei reattori veloci. I metodi di trasporto FPN e BN nel codice MC2-2 per il calcolo dello spettro energetico di un reattore veloce con elevate anisotropie dello scattering e del flusso angolare e relativo processamento dei dati nucleari a gruppi. Principi e problematiche inerenti alla convergenza di calcoli iterativi alla autofunzione dominante critica in diffusione e trasporto.

Gli schermi nei reattori a fissione e a fusione come sistemi sottocritici veloci. Caratteristiche delle reazioni di fusione determinanti per la costituzione e il funzionamento dei reattori a fusione calda a confinamento magnetico o inerziale; dipendenza delle reaction rates di fusione e dei termini di irraggiamento e riscaldamento dalla temperatura e dalla densità nel bilancio energetico di plasmi caldi debolmente o fortemente accoppiati.

Problematiche relative allo schermaggio della barriera coulombiana in plasmi degeneri; le statistiche di Boltzmann, di Fermi-Dirac e di Bose-Einstein. Lunghezza di schermaggio e idealità di un plasma degenere. Reattori a fusione ICF a confinamento inerziale e relative problematiche codicistiche del trasporto di particelle cariche.

Tesi

Sviluppo di metodi e di algoritmi per il trasporto di neutroni e particelle cariche in reattori a fissione e a fusione; Fenomeni di trasporto di particelle di elevata energia in acqua pesante e in

sistemi idrogenoidi trattati con metodi deterministici, stocastici o Monte Carlo. Processi di trasporto quantistico fermionico e bosonico in plasmi degeneri. Sperimentazioni con celle elettrolitiche Pd-D_2O e determinazione dei prodotti delle fusioni.

RECUPERO E CONSERVAZIONE DEGLI EDIFICI L **CE, cds: dud**
Docente: **Claudio Galli** prof. inc.

Programma del corso

La finalità del corso è di fornire gli strumenti concettuali ed operativi per la progettazione tecnologica del recupero nell'ambito di un inquadramento storico-culturale, normativo e legislativo in cui si è sviluppata la disciplina al fine di esplicitare il momento tecnico del progetto e l'esecutività del medesimo in un'ottica di sintesi con le diverse componenti dell'architettura.

Nello specifico il programma del corso si articola nei seguenti argomenti:

1) Introduzione sulle problematiche del recupero e della manutenzione

Definizioni di restauro, recupero, m anutenzione, conservazione, ripristino, ristrutturazione.

Dalla questione del metodo dell'intervento sul costruito nel '700, dalle origini della manualistica del settore alla elaborazione di una teoria del restauro. Dal restauro dei monumenti archeologici al recupero e manutenzione dei centri storici e alla riqualificazione delle zone di più recente edificazione soggette a degrado fisico, tecnologico, funzionale.

2) Fondamenti storici e riferimenti teorici della tecnologia del restauro

Le origini della manualistica del recupero (Gallacini, Masi, Valadier, Zabaglia ...). I restauri archeoloogici durante il neoclassicismo. Violet le Duc e il progetto di restauro come scienza. Sviluppo della manualistica per il recupero nella Francia del secondo '800. Il filologismo da Boito a Giovannoni, il ritorno al metodo e classificazione dei tipi di restauro. I manuali del consolidamento. Il restauro critico e conservativo. Carte del restauro e l'uso dei materiali industriali. Attuali orientamenti della manualistica del recupero.

3) Gli strumenti operativi previsti dalla legislazione

Piani regolatori, Piani Particolareggiati, Piani di Recupero, Piani di Ristrutturazione Urbanistica. Normativa NORMAL per il controllo della qualità.

Leggi 1089/39 e 1497/39, Regolamento 1357/40, Legge Galasso, Legge 1152/61, 512/82, 457/78.

4) Elementi di progettazione: lettura, tecnologia, progetto

Analisi morfologica e tipologica del contesto costruito e dell'organismo edilizio. Riferimenti all'analisi morfologica e tipologica dei contesti costruiti ai processi di formazione della città, ai concetti sintetici di tipo edilizio e tipo architettonico, di processo tipologico e di tessuto edilizio e alle diverse componenti che concorrono alla definizione del tipo. L'analisi morfologica e costruttiva alla scala architettonica. Differenti concezioni costruttive degli organismi edilizi storici e di sistemi edilizi industriali. Logica del materiale e logica della produzione. Rapporti fra analisi sistemica e analisi tipologica di tipo strutturale. La conoscienza scientifica dell'edificio. Metodologia per il rilievo sistematico dell'organizzazione costruttiva, tecniche di rappresentazione storiche e in relazione alle diverse componenti funzionale, costruttiva, formale e ambientale.

Analisi del degrado e dello stato di conservazione. Patologia edilizia, diagnosi e terapia. Cau-

se del degrado e sue manifestazioni. Interazione terreno-sistema costruttivo, interazione fattori ambientali-organismo edilizio, interazione sistema costruttivo-organismo edilizio. Il rilievo sistematico dei tipi di degrado e tecniche di rappresentazione.

Il progetto di miglioramento e/o adeguamento. Il progetto di intervento in un'ottica coerente e finalizzata al processo storico-costruttivo dell'organismo edilizio: miglioramento e non sempre adeguamento. Teoria delle prestazioni applicate al recupero: valutazione del potenziale tecnologico. Classificazione degli interventi: intervento circoscritto, intervento complessivo; interventi di conservazione, di integrazione (rigenerazione, completamento), di sostituzione (ripristino, rivisitazione). Requisiti di compatibilità, reversibilità, riconoscibilità. Criteri per la determinazione delle tecniche compatibili.

5) Tecniche di recupero

Interventi sull'ossatura portante dell'organismo edilizio. Metodologie e tecniche di consolidamento delle ossature murarie e delle fondazioni in rapporto alle cause generatrici il degrado. Restauro e consolidamento delle ossature lignee: tecnologia del materiale, tecniche storiche e tecniche innovative.

Interventi sull'Involucro dell'organismo edilizio. Umidità. Teoria generale, analisi, strumenti e tecniche per il risanamento. L'intonaco. Differenti tipi di intonaco, antiche tecniche, tecniche di ripristino localizzate o globali. Il riuso delle calci. I materiali lapidei. Tecniche di fissaggio, di protezione, conservazione, consolidamento. I formulati chimici e loro classificazione in rapporto allo specifico utilizzo e alle prestazioni fornite.

Bibliografia

C. Galli, *Tecnologia e progetto nel recupero. Manuali storici e nuovi profili*, Ed. Kappa, Roma 1997.
C. Ceschi, *Teoria e storia del restauro*, Ed. Bulzoni, Roma 1970.
C. Galli, *Percorsi storici e normativi delle vigenti leggi sul recupero*, in Presenza Tecnica, n. 6, dicembre 1986.
L. Caleca, A. De Vecchi, *Tecnologie di consolidamento delle strutture murarie*, Ed. Flaccovio, Palermo 1983.
I.P. Rocchi, *Manuale del consolidamento*, Ed. Dei, Roma 1991.
Massari, G. Massari, *Risanamento igienico dei locali umidi*, Ed. Hoepli, Milano 1981.
L. Lazzarini, M. Laurenzi Tabasso, *La conservazione della pietra*, Ed. Cedam, Padova 1986.

RETI DI CALCOLATORI L **BO, cds: P**

Docente: **Fabio Grandi** prof. ass.

Finalità

Il corso si propone di fornire gli strumenti conoscitivi essenziali per la creazione e gestione di infrastrutture per l'offerta di servizi informatici in rete e per la realizzazione di sistemi informativi integrati

Programma

Tecnologia dei sistemi informativi Architetture avanzate ed evoluzione dei sistemi informativi: reti di calcolatori, sistemi distribuiti e paralleli. Il paradigma client-server. Integrazione con

sistemi legacy. Separazione funzionale degli ambienti, architetture aperte e interoperabilità.

Servizi transazionali. Proprietà ACID. Il controllo degli accessi concorrenti e la gestione delle transazioni. Il ripristino delle informazioni in caso di guasti. Protocolli di commit distribuiti.

Servizi non transazionali. Modellazione di workflow e processi aziendali. Gli schemi dei flussi e delle operazioni. Diagrammi Data-Flow. Progettazione integrata di dati e funzioni. Sistemi integrati (ERP) e reingegnerizzazione dei processi.

Internet e World Wide Web: linguaggi e protocolli. Integrazione fra WWW e sistemi informativi. La sicurezza nel Web. Architetture intranet, extranet e ASP. Tecnologie basate su XML.

Bibliografia Obbligatoria

Sono disponibili in fotocopia e sul Web appunti informali rilasciati dal docente.

P. ATZENI, S. CERI, S. PARABOSCHI, R. TORLONE, *Basi di dati*, Mc Graw Hill, seconda edizione, 1999.

G. BRACCHI, C. FRANCALANCI, G. MOTTA, *Sistemi Informativi e Aziende in Rete*, McGraw-Hill, 2001.

RETI DI CALCOLATORI LS **BO, cds: I, T**

Docente: **Antonio Corradi** prof. straord.

Finalità del corso:

Il corso affronta in modo approfondito le problematiche poste dal progetto dei servizi e risolte dalle infrastrutture di supporto per sistemi distribuiti eterogenei anche ad elevate dimensioni. Si intendono, da una parte, esaminare alcune metodologie e tecnologie particolarmente significative a livello di modello, e, dall'altra, analizzare alcune delle proposte di standard, di nuove soluzioni, di nuove direzioni di evoluzione, per ampliare le capacità progettuali degli studenti.

Programma:

Modelli generali – Generalità sui sistemi distribuiti eterogenei e loro proprietà di maggiore interesse.

Modelli di comunicazione e di sincronizzazione evoluti.

Modelli di mobilità e di bilanciamento del carico.

Modelli di replicazione e loro applicabilità. Supporto alla affidabilità delle soluzioni: ipotesi di guasto, protocolli per la tolleranza ai guasti.

Modelli di gruppo. Operazioni di supporto e semantiche conseguenti.

Sistemi che riconoscono e controllano la qualità dei servizio (QoS) offerta e garantita.

Organizzazione di nomi di supporto a servizi per sistemi ad ampia dimensione.

Sistemi e servizi dipendenti dal contesto.

Classificazione di alcune applicazioni significative.

Modelli di soluzione parallela e indicatori di parallelizzazione.

Middleware di supporto a servizi distribuiti – Caratteristiche dei middleware: classificazioni e proprietà. Esempi di middleware ad elevata diffusione (CORBA e DCOM). Criteri e metodologie di progetto. Alcune considerazioni di modelli diversi di supporto: Web services e evoluzioni recenti.

Oltre i protocolli Internet standard – Standardizzazione di soluzioni per servizi con QoS: Sistemi

Integrati e Differenziati. Evoluzioni dei protocolli di Internet per QoS. Progetto dei router e di gestione delle risorse. Sistemi multimediali a flusso continuo di informazioni e in sistemi di dimensioni globali. Protocolli di multicast e di gestione di gruppo. Protocolli e supporto a sistemi wireless.

Nuove direzioni di soluzione allo stato dell'arte – Si considerano delle nuove direzioni di evoluzione: sistemi ad elevata mobilità; sistemi che permettano operazioni disconnesse; sistemi con forte condivisione delle risorse di trasmissione e basati su multicast dinamico; sistemi multilivello ad elevata riconfigurabilità; sistemi di nomi innovativi e globali; sistemi di gestione di dispositivi eterogenei.
I nuovi scenari di utilizzo sono considerati dal punto di vista delle caratteristiche dei middleware di supporto.

Testi:

G. COULOURIS, J. DOLLIMORE, T. KINDBERG: *Distributed Systems: concepts and Design*, Addison-Wesley, (terza edizione) 2000.
L. PETERSON, B. DAVIE: *Computer Network, A Systems Approach*, Seconda edizione, Morgan Kaufmann, 2000, tradotto in *Reti di Calcolatori*, Zanichelli, 1999.
D.L. GALLI: *Distributed Operating Systems: Concepts and Practice*, Prentice-Hall, 2000.
J. SIEGEL, *CORBA 3: Fundamentals and Programming* (seconda edizione), OMG Press, Wiley, 2000.
D. ROGERSON: *Inside COM*, Mondadori Informatica, 1997.
F. HALSALL: *Multimedia Communications*, Addison-Wesley, 2001.
D.A. CHAPPEL, T. JEWELL: *Java Web Services*, O'Reilly, 2002.
E. NEWCOMER: *Understanding Web Services*, Independent Technology Guides, Addison-Wesley, 2002.

Si forniscono i lucidi del materiale del corso, oltre ad una serie di articoli sui diversi argomenti del corso.

Esami: Il superamento dell'esame è articolato in una presentazione su un argomento concordato sulla base di articoli sullo stato dell'arte e un progetto su un tema scelto dallo studente tra quelli rilevanti per il corso, oltre ad una prova orale.

RETI DI CALCOLATORI LA **BO, cds: I**
Docente: **Antonio Corradi** prof. straord.

Finalità del corso:
Il corso affronta alcuni dei temi connessi con i sistemi in rete, delineando le più comuni soluzioni con l'obiettivo di acquisire conoscenza delle strategie, di analizzare i problemi, e di fornire una buona conoscenza operativa di strumenti e progetti.

Programma:

1.Generalità e Concetti di Base
Generalità dei sistemi distribuiti
• inquadramento generale e definizioni di base

• sistemi distribuiti decentralizzati ed eterogenei
• necessità di standardizzazione delle soluzioni (ISO/OSI ed Internet)
Concetti di base e alcuni modelli di soluzione
Si presentano alcuni modelli caratteristici, come
• modelli a memoria condivisa ed a scambio di messaggi
• modello di interazione cliente/servitore
• affidabilità dei sistemi e modelli di guasto
• modelli di connessione, di replicazione, ecc.

2. Ambienti Standard
Standardizzazione
Organizzazione a livelli ISO OSI
• generalità
• livello di trasporto e di rete
• livelli applicativi: sessione, presentazione, e applicazione
Alcune applicazioni standard distribuite

3. Protocolli TCP/IP
TCP/IP e protocolli
I protocolli della suite TCP/IP: livelli di rete e di trasporto.
Applicazioni comuni per:
• servizi sincroni: terminale remoto virtuale, trasferimento di file,
• servizi asincroni: mail, news, e altri.
Alcuni strumenti a larga diffusione in ambiente UNIX e Windows ai diversi livelli

4. Alcuni strumenti di riferimento
Alcuni strumenti di comunicazione di ampio utilizzo
Socket e relative primitive
Socket in C (per UNIX) e in Java
Esempi di interazione in sistemi UNIX e collegamenti con TCP/IP
Alcune applicazioni cliente servitore sviluppate nei diversi ambienti di più comune uso
Chiamate di Procedura Remota o RPC
Uso di operazioni RPC per il supporto a NFS
Le RMI, operazioni remote in Java

5. Sistemi Operativi Distribuiti e servizi
Sistemi operativi distribuiti
Naming delle risorse
Granularità dei processi e loro interazione,
Gestione delle risorse
File system
Alcuni problemi e possibili soluzioni
Sistemi di nomi e DNS
Soluzioni per evitare congestione ed evoluzione dei protocolli.

Testi:

G. COULOURIS, J. DOLLIMORE, T. KINDBERG: *Distributed Systems: Concepts and Design*, Addison-Wesley, (terza edizione) 2000.

J.F. KUROSE, K. W. ROSS, *Internet e Reti di Calcolatori*, Mc-Graw Hill, 2001.
A.S. TANENBAUM: *Computer Networks*, terza edizione, Prentice-Hall, 1996 (tradotto in "Reti di Calcolatori", Utet, 1997).
R.W. STEVENS, *TCP/IP Illustrated: vol. 1, vol. 2, vol. 3*, Addison-Wesley, 1994/5/6.
E.R. HAROLD: *Distributed Java programming*, seconda edizione, O'Reilly, 2000.
D. FLANAGAN: *Java in a Nutshell - A Desktop Quick Reference*, terza edizione, O'Reilly, 1999.

Sono distribuite dispense sugli argomenti del corso anche disponibili via Web.

Esami: Gli esami consistono di una prova scritta preliminare ed una prova orale.
Propedeuticità: Si raccomanda agli studenti il prerequisito di una buona conoscenza degli elementi e degli strumenti operativi sia dei sistemi WinXX sia dei sistemi UNIX.
Si assume la conoscenza degli elementi di Sistemi Operativi.

RETI DI TELECOMUNICAZIONI LA — BO, cds: T, I, U

Docente: **Giorgio Corazza** prof. ord.

Il corso si propone di studiare i principi fondamentali delle reti di telecomunicazioni, con particolare riguardo alle reti di calcolatori.

Programma del corso

Introduzione alle reti di telecomunicazioni

Reti e servizi tradizionali. Telegrafo, telefono, radiocomunicazioni.

Fattori di evoluzione per le reti di telecomunicazioni: elettronica e microelettronica, mezzi trasmissivi, tecniche numeriche, reti di calcolatori, multimedialità. Telematica, evoluzione verso la rete ISDN.

Caratteristiche della rete di telecomunicazioni nello scenario tradizionale: utenza e suo sviluppo, mercato, gestori, monopoli, standardizzazione internazionale, ITU.

Evoluzione verso una rete a larga banda. Tecnica ATM.

Cambiamenti di scenario: liberalizzazione, nuovi gestori, importanza dei servizi radiomobili e di Internet. Possibili scenari futuri.

Reti di calcolatori

Primi esempi di reti di calcolatori: reti proprietarie delle industrie informatiche, reti proposte in ambito ITU, rete ARPANET.

Architetture per reti di calcolatori, stratificazione, modello di riferimento ISO – OSI a 7 strati. Terminologia ISO –OSI, funzioni svolte nei vari strati del modello. Altri modelli a strati.

Problemi di teletraffico

Sistemi soggetti a traffico, definizione di traffico, Erlang.

Sistemi di code, processi degli arrivi, processi dei servizi.

Teorema di Little.

Problemi dello strato fisico

Funzionalità per un protocollo dello strato fisico. Reti punto-punto e punto-multipunto.

Standard EIA/TIA RS 232. Caratteristiche meccaniche elettriche funzionali e procedurali. Evoluzioni dello standard: RS 422, 423, 449.

Standard di strato fisico in ambito ITU-T. Raccomandazioni V24, X21 e X21bis.

Standard USB per porte seriali.

Problemi dello strato di linea

Compiti e funzionalità dello strato di linea

Esempio di protocollo di linea: protocollo HDLC. Formato della trama, procedura di dialogo. Recupero dell'errore. Protocollo a finestra scorrevole. Controllo di flusso.

Efficienza dei protocolli di linea. Calcolo dell'efficienza nel caso di finestra unitaria. Influenza degli errori.

Rivelazione di errore. Codici per la rivelazione di errore. Bit di parità. Codici polinomiali e loro capacità di rivelazione.

Reti in area locale

Problematiche e scelte per le reti in area locale. Scelta della topologia. Protocolli per l'accesso multiplo a controllo distribuito..

Protocolli di accesso a contesa.. Protocollo Aloha. Problemi di efficienza e stabilità. Slotted Aloha. Protocollo CSMA. Collision Detect, codice di Manchester. Rete Ethernet

Protocolli di accesso Collision free. Protocollo token ring. Protocollo token passing.

Progetto IEEE 802. Architettura generale, LLC e MAC. Documenti dello standard.

Reti locali in fibra ottica. Protocollo FDDI, timed token. Protocollo DQDB, problemi di fairness; compatibilità con la rete ATM.

Evoluzioni dello standard IEEE 802.3 (rete Ethernet). Mezzi trasmissivi, Hub, repeater, bridge, router. Switched Ethernet. Fast Ethernet, Gigabit ethernet.

Reti locali wireless, IEEE 802.11.

Problemi dello strato di rete

Indirizzamento dei pacchetti. Commutazione di circuito e di messaggio. Commutazione di pacchetto. Funzione di routing, tabelle di routing.

Ricerca dei cammini di lunghezza minima. Algoritmo di Dijkstra.

Classificazione dei protocolli di routing. Flooding, Hot patato. Protocolli Distance vector, protocolli Link state.

Rete Internet

Internetworking. Famiglia di protocolli TCP/IP. Protocollo IP. Formato del pacchetto. Frammentazione. Indirizzi IP, network IP, subnetting e supernetting.

Ruoting in internet, Authonomous systems. Interior gateway protocols: RIP, OSPF. Exterior gateway protocols: BGP. IP sulle reti locali: protocollo ARP.

Cenni sul protocollo TCP.

Testi consigliati.

A. S. TANENBAUM, *Computer networks*, 3a ed., Prentice Hall, 1996.

D. COMER, *Internet e reti di calcolatori*, Addison-Wesley Longman Italia, 2000.

F. CALLEGATI, G. CORAZZA, *Elementi di teoria del traffico per le reti di telecomunicazioni*, Esculapio, 1998.

RETI DI TELECOMUNICAZIONI LS **BO, cds: T**
Docente: **Giorgio Corazza** prof. ord.

Il corso rappresenta il seguito di Reti di Telecomunicazione L-A e si propone di approfondire lo studio dei principi fondamentali delle reti di telecomunicazioni, con particolare riguardo alle problematiche della rete Internet e delle reti a larga banda.

Programma del corso

Introduzione.

Protocolli dello strato di rete della famiglia TCP/IP

Protocollo IP. Indirizzi, network IP e relative classi. Subnetting e supernetting, netmask, Classless Interdomain Routing. Indirizzi riservati per usi speciali.

Tabelle di routing per un host ed un router e loro utilizzo. Schema a blocchi di principio di un modulo IP.

Protocollo ARP. Formato del pacchetto ARP. ARP cache.

Protocollo ICMP

Opzioni disponibili nel protocollo IP.

Protocolli dello stato di Trasporto.

Problematiche dello strato di trasporto. Interazione con gli strati applicativi. Modello client-server. Socket. Primitive di servizio.

Protocollo UDP. Formato del pacchetto.

Protocollo TCP. Formato del pacchetto, apertura della connessione, acknoledgement.

Protocollo a finestra, gestione delle finestre. Finestra di congestione, implementazioni del TCP.

Evoluzioni di Internet

Enti di gestione di Internet. RFC e processo di standardizzazione.

IP/v6. Formato del pacchetto. Problematiche.

Reti a larga banda.

Problematiche della rete a larga banda.

Modi di trasferimento: scelte fondamentali. Modalità di Multiplazione, principi di Commutazione, scelta di una Architettura dei protocolli.

Modi di trasferimento orientati al circuito ed al Pacchetto. Principali modi di trasferimento proposti e loro caratteristiche.

Segnalazione nella rete telefonica.

Segnalazione utente-centrale e intercentrale. Sistemi di segnalazione. Segnalazione a canale comune.

Rete ISDN di prima generazione.

Standard ITU-T, raccomandazioni della serie I, definizioni dei gruppi funzionali e dei punti di interfaccia. Canali definiti B, D ed H. Accessi standard.

Protocolli per l'Accesso base. Strato fisico, trama ISDN. Strato di linea, protocollo LAP-D. Accesso multiplo al canale D.

Procedura di dialogo a livello di rete: X25. Standard in ambito ITU-T. Circuiti virtuali. Formato del pacchetto X25.

Esempio di chiamata a circuito in ISDN.

Accessi ad alta velocità. ADSL e HDSL.

Rete ATM

Standard di ITU-T. Architettura per ATM.

Strato ATM. Formato della cella. Circuiti virtuali e cammini virtuali.

Problematiche di strato fisico per la rete ATM. Reti plesiocrone, gerarchie PDH. Reti sincrone, SONET, gerarchia SDH. ATM su SDH e ATM su PDH. Strato fisico ATM basato su celle.

Strato di adattamento AAL. Sottostrato di convergenza (CS) e strato di segmentazione/ricomposizione (SAR).

Qualità di servizio. Classificazione delle sorgenti secondo ITU-T. Classi di sorgenti. Tipi di strati AAL: AAL1, AAL2, AAL3/4. Classificazione secondo ATM Forum. Strato AAL5.

Controllo dell'accesso. Controllo di ammissione, policing. Algoritmo Leaky Bucket.

TCP/IP sopra ATM.

Testi consigliati

C. RAFFAELLI, *Appunti delle lezioni di Sistemi di Commutazione*, Pitagora Editrice, Bologna.
A. S. TANENBAUM, *Computer networks*, 3a ed., Prentice Hall, 1996.
B. FOROUZAN, *I protocolli TCP/IP*, Mc Grow Hill, 2000.

RETI DI TELECOMUNICAZIONI LS **BO, cds: T**

Docente: **Carla Raffaelli** prof. ass.

Il corso si propone di approfondire lo studio dei principi fondamentali delle reti di telecomunicazioni introdotti nel corso di Reti di telecomunicazioni L-A, con particolare riguardo alle problematiche della rete Internet e delle reti a larga banda e ai relativi aspetti progettuali.

Programma del corso

Introduzione.

Aspetti fondamentali di una rete: topologia, servizi, prestazioni. Ruolo del protocollo IP: interconnessione di sottoreti. Pila protocollare di Internet.

Strato di applicazione.

Principi dei protocolli applicativi. Modello client-server. Socket. Esempi di applicazioni di rete: Web e http, DNS,FTP.

Strato di Trasporto.

Problematiche dello strato di trasporto. Interazione con gli strati applicativi e con lo strato di rete. Protocollo UDP. Formato del segmento.

Protocollo TCP. Formato del segmento, apertura della connessione, acknowledgement. Principi di un trasferimento affidabile dei dati e del controllo di congestione. Protocollo a finestra, gestione delle finestre. Finestra di congestione, implementazioni del TCP.

Strato di rete

Tecniche di trasferimento dell'informazione in rete: modi di trasferimento orientati al circuito ed al pacchetto. Principali modi di trasferimento proposti e loro caratteristiche. Funzioni di controllo e di trasferimento dati.

Reti a pacchetto basate su IP

Protocollo IP. Principi di instradamento. Instradamento in Internet. Indirizzi e relative classi. Su-

bnetting e supernetting, netmask, Classless Interdomain Routing.Tabelle di routing per un host ed un router e loro utilizzo. Protocollo ARP. Formato del pacchetto ARP. ARP cache.
Enti di gestione di Internet. RFC e processo di standardizzazione.
IP/v6. Formato del pacchetto. Problematiche.

Reti a cella
Reti multiservizio. Caratterizzazione dei servizi. Requisiti dei servizi.
Standard di ITU-T. Architettura per ATM. Strato ATM. Formato della cella, significato dei campi e loro uso. Circuiti virtuali e cammini virtuali. Problematiche di strato fisico per la rete ATM. Reti plesiocrone, gerarchie PDH. Reti sincrone, SONET, gerarchia SDH. ATM su SDH e ATM su PDH. Strato fisico ATM basato su celle.
Strato di adattamento AAL. Sottostrato di convergenza (CS) e strato di segmentazione/ricomposizione (SAR).
Qualità di servizio. Classificazione delle sorgenti secondo ITU-T. Classi di sorgenti. Tipi di strati AAL: AAL1, AAL2, AAL3/4. Classificazione secondo ATM Forum. Strato AAL5. Controllo dell'accesso. Controllo di ammissione, policing. Algoritmo Leaky Bucket. TCP/IP sopra ATM.

Reti a commutazione di circuito.
Segnalazione nella rete telefonica.Segnalazione utente-centrale e intercentrale. Sistemi di segnalazione. Segnalazione a canale comune. Tecniche di instradamento. Rete ISDN di prima generazione. Standard ITU-T, raccomandazioni della serie I, definizioni dei gruppi funzionali e dei punti di interfaccia. Canali definiti B, D ed H. Interfacce standard; Accesso base ed Accesso primario.
Protocolli per l'Accesso base. Strato fisico, trama ISDN. Strato di linea, protocollo LAP-D. Accesso multiplo al canale D.
Esempio di chiamata a circuito in ISDN.
Accessi ad alta velocità. ADSL e HDSL.

Tecniche per reti IP avanzate.
Reti ottiche: la tecnologia WDM a circuito e a pacchetto.
Tecniche a supporto della multimedialità: modelli per la garanzia di qualità di servizio, tecniche di gestione delle code nei router.
La tecnica MPLS a supporto dell'ingegneria di rete.

Testi

J. F. KUROSE, K. W. ROSS, *Internet e reti di Calcolatori*, Mc Graw-Hill, Seconda edizione.
A. PATTAVINA, *Reti di Telecomunicazioni*, Mc Graw-Hill.
Dispense distribuite dal docente.
Esami orali.

RETI LOGICHE LA

Docenti:	**Roberto Laschi** prof. ord.	**BO, cds: I (A-L), U**
	Andrea Lodi ric.	**BO, cds: I (M, Z)**
	Marco Prandini ric.	**BO, cds: T**
	Stefano Mattoccia prof. inc.	**BO, cds: L**

Finalità:
Introdurre il livello logico nella progettazione gerarchica dei sistemi digitali, evidenziandone i collegamenti con il livello architettonico e con quello fisico. Fornire metodologie e strumenti per

risolvere i problemi di analisi e di sintesi delle macchine che ricevono, elaborano e generano segnali binari.

Programma:

1. Collocazione del livello logico nella progettazione di sistemi digitali. Unità funzionali di un calcolatore. Segnali analogici, digitali e binari.

2. Rappresentazione binaria dell'informazione. Proprietà dei codici. Codifica di testi e numeri.

3. Il modello delle macchine sequenziali. Teoria degli automi. Modelli a memoria finita e a stati finiti. Modelli di Mealy e di Moore. Macchine asincrone e sincrone.

4. La rete logica combinatoria. Funzioni e tabelle della verità. Operazioni elementari e gate. Espressioni. Teoremi di equivalenza. Algebra di commutazione. Sintesi e analisi di reti logiche combinatorie. Reti ideali e reali: fenomeni transitori.

5. Sintesi di costo minimo di reti combinatorie con gate elementari. Modularità e programmabilità nella progettazione di reti combinatorie complesse.

6. Sintesi e analisi di reti logiche sequenziali asincrone. Memorie binarie. Problemi legati alla dinamica temporale dei segnali: eliminazione delle alee e risoluzione delle corse critiche.

7. Sintesi e analisi di reti logiche sequenziali sincrone. Metodi di sintesi basati su flip-flop. Metodi di sintesi di reti complesse mediante componenti sequenziali modulari e programmabili (contatori, registri a scorrimento)

Esame - Nella sessione posta al termine del corso gli studenti che hanno frequentato verranno valutati in base allo svolgimento di prove scritte intermedie, di una prova scritta finale ed, eventualmente, di una prova orale.

Gli studenti che non hanno frequentato verranno valutati in base allo svolgimento di una prova scritta ed una prova orale. Questa è anche la modalità d'esame in tutte le altre sessioni previste dal calendario.

Esercitazioni

Progettazione di semplici sistemi ed introduzione all'uso di strumenti automatici per la sintesi e l'analisi.

Propedeuticità - Fondamenti di Informatica L-A

Bibliografia obbligatoria

Dispense curate dal docenti, Manuali della strumentazione di laboratorio, Compiti da svolgere a casa. Guida alla soluzione dei compiti a casa. Prove d'esame risolte. Materiale disponibile sul sito del corso, raggiungibile da http://lia.deis.unibo.it/Courses/ seguendo il link per l'anno accademico di interesse.

RICERCA OPERATIVA LS **BO, cds: I**

Docente: **Silvano Martello** prof. ord

Finalità del corso

Approfondire le teorie e le metodologie algoritmiche introdotte nel corso Fondamenti di Ricerca Operativa LA.

Programma

1. Simulazione di sistemi discreti
   1.1 Complementi di statistica: variabili aleatorie, generazione di valori pseudo_casuali, metodo della trasformazione inversa, distribuzioni discrete.
   1.2 Descrizione statica e dinamica di un sistema, metodo della programmazione degli eventi, diagrammi di flusso per problemi di simulazione.
   1.3 Linguaggio SIMSCRIPT II.5

2. Programmazione lineare
   2.1 Teoria della dualità: problema duale, condizioni di ortogonalità.
   2.2 Algoritmo del simplesso duale. Algoritmo primale_duale.

3. Programmazione lineare intera
   3.1 Unimodularità; algoritmi con piani di taglio ed algoritmi enumerativi.
   3.2 Programmazione lineare intera: metodo di Gomory, branch_and-bound.
   3.3 Programmazione lineare mista e binaria. Problema "knapsack" 0_1.

4 Teoria dei grafi
   4.1 Metodo PERT_CPM.
   4.2 Circuiti hamiltoniani: algoritmo enumerativo.
   4.3 Problemi di flusso.
   4.4 Relazioni tra cammini minimi, flussi e programmazione lineare.

5 Teoria della complessità:
   5.1 Classi P ed NP. Problemi NP_completi.
   5.2 Complessità dei principali problemi di ottimizzazione combinatoria.
   5.3 Programmazione dinamica. Problemi fortemente NP_completi.

6. Algoritmi branch_and_bound:
   6.1 Schemi di branching.
   6.2 Rilassamenti: continuo, lagrangiano, surrogato. Applicazione al problema knapsack multiplo.
   6.3 Procedure di riduzione.
   6.4 Algoritmi approssimati: analisi sperimentale, probabilistica, worst_case.

Propedeuticità obbligatoria: Fondamenti di Ricerca Operativa LA.

Testi consigliati:

S. MARTELLO, *Lezioni di Ricerca Operativa*, Esculapio (progetto Leonardo), Bologna, 2000.
S. MARTELLO, D. VIGO, *Esercizi di Ricerca Operativa*, Esculapio (progetto Leonardo), Bologna, 1999.
S. MARTELLO, D. VIGO, *Esercizi di Simulazione Numerica*, Esculapio (progetto Leonardo), Bologna, 1999.

Testi consigliati per eventuale approfondimento:

N. CHRISTOFIDES, *Graph Theory: an Algorithmic Approach*, Wiley, 1978.
M. GAREY, D. JOHNSON, *Computers and Intractability: a Guide to the Theory of NP _ Completeness*, Freeman, 1979.

S. Martello, P. Toth, *Knapsack Problems: Algorithms and Computer Implementations*, Wiley, 1990.
C. Papadimitriou, K. Steiglitz, *Combinatorial Optimization*, Prentice Hall, 1982.
M. Fischetti, *Lezioni di Ricerca Operativa*, Libreria Progetto, Padova, 1995.
M. Dell'Amico, *120 Esercizi di Ricerca Operativa*, Pitagora Editrice, Bologna, 1996.

Esami: consistono in una prova scritta ed una orale.

RILIEVO DELL'ARCHITETTURA — BO, cds: D

Docente: **Roberto Mingucci** prof. ass.

Il Rilievo dell'Architettura come specifica disciplina tende oggi a soddisfare le consapevoli esigenze di tutela del patrimonio architettonico, di recupero e riqualificazione dei centri storici e dell'ambiente urbano, delle emergenze ambientali e sismiche, che sempre più spesso comportano documentati interventi o restauri scientifici delle opere architettoniche di valore storico. In queste condizioni il rilevamento (sia che riguardi il singolo edificio od un complesso edilizio, urbano o rurale) ha la necessità di fondarsi su di un appropriato metodo scientifico oltre che su una solida base storico-architettonica. Con il termine "Rilievo" infatti non s'intende definire la semplice operazione di misurazione e rappresentazione grafica di un'architettura, bensì quel complesso di operazioni organicamente volte ad indagare (attraverso l'osservazione, l'analisi e la rappresentazione) tutte le sue componenti (da quelle metriche a quelle formali, strutturali, costruttive ecc.) utilizzando anche, per l'organizzazione informativa del contenuto "rivelato", classificazioni, codici e normative grafiche opportune.

In queste condizioni il Corso intende proporre lo studio del Rilevo come:

- processo di rappresentazione che conduce alla descrizione sistemica dell'oggetto architettonico o del monumento;
- insieme di strumenti idonei alla rappresentazione funzionale alla conoscenza ed all'interpretazione critica del costruito;
- costruzione del modello (grafico, fisico o digitale) inteso come esito di operazioni di lettura, misura, classificazione e codificazione.

Nel Corso saranno sviluppate esperienze sul progetto del rilievo e sulla sua tematizzazione. In particolare saranno affrontati i temi:

Rilievo, documentazione e progetto. Opera e modello. Il concetto di misura e la sua accuratezza. Cenni sulla storia del rilievo e dei suoi strumenti. Procedimenti e strumenti per l'esecuzione, la verifica ed il collaudo del rilievo architettonico. Rilievo diretto e strumentale. Livellazioni, trilaterazioni e triangolazioni. Accuratezza, precisione ed approssimazione: confronti tra diversi metodi. Cenni di fotogrammetria digitale e di costruzione di modelli informativi.

Saranno svolte sercitazioni pratiche di rilievo, con la finalità di sviluppare sia le necessarie capacità tecniche, sia di verificare le nozioni teoriche espresse dal Corso, inquadrando l'oggetto specifico delle operazioni di rilievo nel suo rapporto col contesto ambientale di immediata pertinenza, per dar significato progettuale alla produzione grafica e digitale delle rappresentazioni.

RILIEVO DELL'ARCHITETTURA L **CE, cds: dud**
Docente: **Luca Cipriani** ric.

Programma del corso

Rilevamento: fondamenti teorici e finalità. Strumenti di misura per il rilievo diretto e indiretto. Eidotipo e rilievo "per proporzioni". Metodi fondamentali per il rilevamento architettonico. Tecniche di prelievo delle misure planimetriche e altimetriche. Rilevamento di dettaglio e degli elementi costruttivi. Rilievo strumentale. Livellazioni. Procedimenti accessori. Rilievo delle lesioni dei fabbricati. Fotografia e rilevamento. Rilevamento per il censimento e la catalogazione dei beni architettonici. Cenni di rilevamento urbano: metodi e tematiche. Norme e convenzioni grafiche.

Esercitazioni

Essendo il rilievo una disciplina fortemente pratica e procedurale, il corso si articola sull'elaborazione di esercitazioni pratiche obbligatorie su di un tema edilizio reale, in modo da collegare i contenuti delle comunicazioni ad esperienze di rilievo.

Bibliografia di base

M. Docci, D. Maestri, *Manuale di rilevamento architettonico e urbano,* Laterza, Bari 1994.
G. Cento, *Rilievo edilizio architettonico*, Vitali e Ghianda, Genova, 1959
A. Pratelli, *il disegno di architettura,* Charta, Milano 1995.
Le indicazioni bibliografiche sono da considerare come riferimenti generali e saranno integrate con indicazioni specifiche inerenti i temi svolti.

Modalità d'esame

L'elaborazione e la presentazione dei lavori di esercitazione è condizione necessaria per l'ammissione all'esame. La prova d'esame è formata da:
– una prova pratica ed orale sui contenuti del corso;
– analisi e valutazione degli elaborati finali presentati, relativi ai lavori di esercitazione.

ROBOTICA INDUSTRIALE **BO, cds: L, I, U**
Docente: **Claudio Melchiorri** prof. straord.

L'Insegnamento si pone come obiettivo primario il fornire le basi di conoscenza necessarie per l'impiego ed il progetto di manipolatori robotici nel contesto dell'automazione industriale.

1. Inquadramento della robotica nel contesto dell'automazione della produzione industriale e delle applicazioni avanzate. Sviluppo del mercato dei robot.
2. Struttura dei manipolatori industriali; tipologia di impiego. Descrizione generale dei componenti HW/SW del sistema robot.
3. Cinematica dei robot. Trasformazioni omogenee. Problema cinematico diretto ed inverso. Spazio di lavoro.
4. Cinematica differenziale e statica dei robot.
5. Dinamica dei robot. Modellistica. Generazione delle traiettorie.
6. Problematiche del controllo: controllo di posizione e di posizione/forza.
7. Attuazione in robotica: motori elettrici, motori direct-drive, azionamenti analogici digitali.

8. Sistema sensoriale: sensori di posizione e forza, sistemi di visione.
9. Programmazione di robot: metodologie e linguaggi.
10. Illustrazione di robot commerciali; cenni ad applicazioni non convenzionali (ispezioni in ambienti pericolosi, teleoperazioni, supporti in medicina, ecc.).

Verranno effettuate visite guidate in laboratorio e presso aziende, con illustrazione delle funzionalità di robot commerciali.

Testi consigliati:

M.W. SPONG, M. VIDYASAGAR, *Robot dynamics and control*, John Wiley & Sons, Inc., 1989.
M.P. GROOVER, M. WEISS, R.N. NACEL, N.G. ODREY, *Industrial robotics: Technology, Programming, and Applications*, McGraw-Hill, 1986.
Dispense del docente.

Propedeuticità: Controllo dei Processi; Tecnologie dei Sistemi di Controllo.

ROBOTICA INDUSTRIALE LA **BO, cds: I, U**
Docenti: **Claudio Melchiorri** prof. straord.

L'Insegnamento si pone come obiettivo il fornire le basi di conoscenza necessarie per il corretto impiego di manipolatori robotici nel contesto dell'automazione industriale.

1) Inquadramento della robotica nel contesto dell'automazione della produzione industriale e delle applicazioni avanzate. Il mercato dei robot.
2) Struttura dei manipolatori industriali; tipologia di impiego. Descrizione generale dei componenti HW/SW del sistema robot.
3) Cinematica dei robot. Trasformazioni omogenee. Problema cinematico diretto ed inverso. Spazio di lavoro. Cinematica differenziale e statica dei robot.
4) Cenni di dinamica dei robot.
5) Problema della generazione delle traiettorie e di controllo di posizione.
6) Attuazione in robotica e sistema sensoriale.
7) Programmazione di robot: metodologie e linguaggi.
8) Illustrazione di alcuni robot commerciali

Verranno effettuate visite guidate in laboratorio e presso aziende.

Testi Consigliati

Dispense del docente,
L. SCIAVICCO, B. SICILIANO , *Modellistica e controllo di robot manipolatori*, McGraw-Hill Italia, 1995
C. MELCHIORRI, *Traiettorie per azionamenti elettrici*, Esculapio, Bologna, 2000.
M.W. SPONG, M. VIDYASAGAR, *Robot Dynamics and Control*, John Wiley & Sons, Inc., 1989.
M.P. GROOVER, M. WEISS, R.N. NACEL, N.G. ODREY, *Industrial Robotics: Technology, Programming, and Applications*, McGraw-Hill, 1986.

SCIENZA DEI MATERIALI **BO, cds: Q, G, M**
Docente: **Franco Sandrolini** prof. ord.

L'Insegnamento si propone di fornire gli strumenti necessari per una trattazione unitaria dei processi tecnologici, delle modalità di impiego e dei criteri di scelta dei materiali per l'Ingegneria.

Classificazione dei materiali. Principali materiali metallici, ceramici, polimerici e compositi impiegati nell'Ingegneria. Proprietà generali e principali processi tecnologici di fabbricazione e/o formatura (fusione/stampaggio, gelificazione, sinterizzazione, lavorazioni meccaniche).

Materiali monocristallini, policristallini ed amorfi. Difetti strutturali dinamici e statici, di equilibrio e di non equilibrio. Difetti statici: di punto, di linea, di superficie e di volume. Concentrazione dei difetti e proprietà dei materiali cristallini. Microstruttura e proprietà fisico-meccaniche dei materiali polifasici: eq. di Hall-Petch. Materiali compositi. Trasformazioni di equilibrio e di non equilibrio e microstruttura dei materiali (segregazione, inviluppi, reazioni tra fasi, nucleazione ed accrescimento di nuove fasi). Esempi e applicazioni: trattamenti termici, fusione e solidificazione, purificazione dei materiali, etc.

Processi elementari di trasporto di materia nei solidi. Leggi di Fick. Effetto Hartley-Kirkendall. Applicazioni tecnologiche. Diffusione nei materiali policristallini. Sinterizzazione e tecnologia delle polveri. Esempi ed applicazioni.

Proprietà meccaniche dei materiali. Elasticità lineare e non lineare. Processi anelastici ed elasticità ritardata. Effetto termoelastico. Altri processi elementari di anelasticità nei materiali (trasporto di materia, moti reversibili delle dislocazioni, scorrimenti ai bordi di grano, etc.). Processi di rilassamento nei materiali e proprietà meccanico-dinamiche. Plasticità e meccanismi della deformazione plastica nei metalli. Incrudimento, riassetto e ricristallizzazione. Lavorazioni plastiche dei metalli. Comportamento meccanico dei materiali ceramici, polimerici, e compositi. Effetto della temperatura sulle proprietà meccaniche dei materiali: viscoelasticità e processi elementari di scorrimento viscoso, parametro di Larson-Miller e implicazioni progettuali. Processi di frattura nei materiali. Meccanica della frattura: teorie energetica e tensionale. Resilienza. Fattori fisici della frattura fragile. Frattura sotto carichi ciclici: fatica. Proprietà di superficie dei materiali: durezza, attrito, usura, etc.
Cenni alle proprietà elettriche dei materiali: conduttori, semiconduttori, isolanti.

Effetti dell'ambiente sui materiali e processi elementari di degradazione. Protezione dei materiali. Resistenza al fuoco dei materiali.

Normativa e prove sui materiali. Repertori di dati sui materiali. Criteri generali di scelta dei materiali. Sicurezza, affidabilità e progettazione. Prove di affidabilità sui materiali. Esempi di scelta dei materiali per impieghi funzionali e strutturali.

Testi consigliati:

J. WULFF (et al.), *Struttura e proprietà dei materiali*, CEA, Milano, 1976.
A.G. GUY, *Introduction to Materials Science*, McGraw-Hill, 1975.
(altri testi di aggiornamento su specifici argomenti vengono proposti durante le lezioni).

Propedeuticità consigliate: Termodinamica dell'ingegneria chimica, Scienza delle costruzioni, Elettrotecnica.
Esercitazioni e laboratorio: applicazioni numeriche relative agli argomenti trattati nell'insegnamento; determinazione sperimentale in laboratorio di alcune proprietà fisico-meccaniche dei materiali e della loro microstruttura (suddivise per gruppi a numero limitato di studenti). Normativa prestazionale, prove e legislazione.

Esame orale. Fogli ufficiali per le liste vengono affisse all'albo del Dipartimento di Chimica applicata a Scienza dei materiali il giorno precedente l'inizio degli appelli.

SCIENZA DEI METALLI **BO, cds: Q, M**
Docente: **Lorella Ceschini** ric.

Studio dei materiali metallici in relazione al loro comportamento in esercizio. Scelta ed uso corretto dei materiali nella progettazione di impianti meccanici.

Richiamo e rivisitazione delle conoscenze nel campo dei materiali metallici con particolare riguardo alle correlazioni fra struttura e proprietà, al comportamento sotto carico statico o variabile, all'interazione chimica con l'ambiente, all'effetto della temperatura.

La tradizione in campo metallurgico: i metodi classific per la generazione di condizioni microstrutturali predefinite. I metalli di uso comune nell'industria meccanica.

L'innovazione in campo metallurgico: la metallurgia delle polveri. I nuovi trattamenti termici. Materiali metallici di nuova formulazione per usi speciali. Il rinforzo per particelle indeformabili: modelli e progettazione di materiali compositi a matrice metallica.

Richiamo ai concetti fondamentali della meccanica della frattura lineare elastica, MFLE. I nuovi parametri nella caratterizzazione dei metalli. La tensiocorrosione e la fatica alla luce della MFLE. La frattoscopia.

Le caratteristiche dei materiali nella gestione dell'affidabilità e alla sicurezza in esercizio. I controlli non distruttivi, CnD. La scelta del CnD per il monitoraggio di strutture e materiali in esercizio.

La progettazione di strutture e la scelta dei materiali. Conoscenza, fabbricazione e uso dei diagrammi di scelta. La garanzia della qualità nei materiali e nell'industria meccanica.

Durante l'insegnamento saranno tenute alcune esercitazioni pratiche sulla metallografia e sull'applicazione di tecniche analitiche, tradizionali e d'avanguardia, nella caratterizzazione microstrutturale dei metalli e delle superfici di frattura.

Testi consigliati:

1) Dispense dell'insegnamento.
2) W. Nicodemi, *Metallurgia*, Ed. Masson.
L'esame è costituito da una prova orale.

Sono disponibili *tesi di laurea*, sia di tipo sperimentale che compilativo, su vari argomenti che si collegano a quanto trattato nell'insegnamento.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI **BO, cds: D**
Docente: **Erasmo Viola** prof. ord.

FINALITÀ, IPOTESI E MODELLI DELLA SCIENZA DELLE COSTRUZIONI 1) Modelli della Scienza delle Costruzioni. Formulazioni del problema dell'equilibrio elastico per la trave sollecitata a sforzo assiale: ipotesi, equazioni, condizioni al contorno, schema delle teorie fisiche. 2) Problema dell'equilibrio elastico per la trave sollecitata a sforzo assiale: energia potenziale totale. Esempio di applicazione del metodo agli elementi finiti. 3) Formulazione del problema dell'equilibrio elastico per la trave sollecitata a flessione: ipotesi, equazioni, condizioni al contorno. 4) Formulazione del problema dell'equilibrio elastico per la trave sollecitata a flessione: schema delle teorie fisiche. Problema misto e problema in termini di spostamenti. Funzionale dell'energia potenziale totale e significato del suo minimo. 5) Integrazione delle equazioni differenziali della linea elastica per la trave appoggiata e carico distribuito. 6) Integrazione delle equazioni differenziali della linea elastica per la trave a mensola e carico concentrato all'estremo libero. 7) Poligono funicolare e funicolare del carico; poligono delle successive risultanti.

ELEMENTI DI CALCOLO DELLE VARIAZIONI 1) Nozioni di funzionale e di funzione variata. Intorno di una funzione. Variazione prima e seconda di una funzione. Proprietà commutativa dell'operatore variazionale. 2) Variazione prima e seconda di un funzionale. Stazionarietà di un funzionale. Equazioni di Eulero-Lagrange per la trave sollecitata a sforzo assiale. 3) Formulazione forte e variazionale del problema dell'equilibrio elastico per la trave inflessa. Condizioni al contorno essenziali e naturali. 4) Formulazione forte e variazionale del problema dell'equilibrio elastico per la trave sollecitata a sforzo assiale. Condizioni al contorno essenziali e naturali.

ANALISI DELLA DEFORMAZIONE 1) Campo di spostamento e sue proprietà. Problema locale della deformazione. Gradiente di spostamento e gradiente di deformazione. Trasformazione affine e sua rappresentazione geometrica. 2) Componenti di moto rigido e componenti di deformazione. Operatore di congruenza. Matrice di trasformazione delle coordinate e tensore di deformazione. 3) Significato fisico delle componenti del tensore di deformazione. 4) Intorno sferico di raggio unitario: proprietà delle dilatazioni e degli scorrimenti. Espressioni della dilatazione e dello scorrimento. 5) Direzioni e dilatazioni principali di deformazione. Stato di deformazione nel riferimento principale. 6) Significato fisico del primo invariante di deformazione. Tensore idrostatico, tensore deviatorico e loro proprietà. 7) Stati piani e monoassiali di deformazione. Congruenza interna ed esterna. Equazioni ed operatore di compatibilità. 8) Rappresentazione del tensore di deformazione finita in termini di componenti di spostamento. Deduzione delle deformazioni infinitesime dalle deformazioni finite. Applicazione alla mensola inflessa per il calcolo dello spostamento assiale indotto dall'inflessione.

ANALISI DELLA TENSIONE 1) Forze di superficie e di volume. Equazioni di equilibrio del corpo rigido. Tensione interna. Componenti cartesiane e speciali di tensione e loro relazione. 2) Tensioni su giaciture parallele ai piani coordinati. Proprietà locali dello stato di tensione: equazioni di Cauchy e simmetria delle tensioni tangenziali. 3) Tensore degli sforzi. Teorema di reciprocità delle componenti mutue. 4) Direzioni e tensioni principali. Stato tensionale nel riferimento principale. Tensione ottaedrale. 5) Circoli di Mohr: stati tensionali triassiali (impostazione e risultati), intorno sferico di raggio unitario. 6) Circoli di Mohr: stati tensionali piani, procedimenti basati sulle normali e sulle parallele alle tracce delle giaciture. 7) Stati tensionali staticamente ammissibili. Equazioni di equilibrio indefinito ed ai limiti (differenti notazioni). Operatore di equi-

librio. 8) Classificazione degli stati tensionali. Stato piano di tensione. Stato tensionale idrostatico e deviatorico. 9) Applicazione dei circoli di Mohr per i quadri fessurativi.

RELAZIONI GENERALI 1) Teorema dei lavori virtuali per il corpo continuo tridimensionale. Lavoro virtuale interno ed esterno. Il caso del corpo rigido. 2) Formulazioni alternative dell'equilibrio e della congruenza (Esercizio 4.4). 3) Principi delle forze e degli spostamenti virtuali. 4) Applicazione del principio della forza unitaria alle travi.

CORPO ELASTICO 1) Trasformazioni reali. Lavoro di deformazione esterno ed interno. Esemplificazione del caso monodimensionale. 2) Potenziale elastico e potenziale elastico complementare. 3) Corpo elastico lineare: equazioni costitutive, matrici di rigidezza e di deformabilità del materiale. Sviluppo della funzione potenziale elastico. 4) Espressioni del potenziale elastico e del potenziale complementare. Matrice hessiana. Costanti elastiche. 5) Ipotesi di isotropia, leggi generalizzate di Hooke e leggi inverse. 6) Direzioni principali di tensione e di deformazione. Notazione alternativa per le leggi di Hooke. Costanti elastiche per il mezzo isotropo. 7) Forma alternativa delle leggi inverse di Hooke. 8) Problema dell'equilibrio elastico in notazione indiciale ed operatoriale (parr. 5.8.1e 5.8.5). 9) Equazioni indefinite di equilibrio in termini di spostamenti (equazioni di Navier). Deduzioni dalle equazioni di equilibrio dinamico: corda e membrana vibranti, vibrazione longitudinale forzata, equazioni delle onde tridimensionali *e di distorsione*. 10) Principio di sovrapposizione degli effetti. Unicità della soluzione. 11) Teoremi di Clapeyron, Betti e Maxwell. Calcolo di spostamento e rotazione con il teorema di Clapeyron. 12) Equazioni del problema dell'equilibrio elastico in notazione operatoriale scritte nello schema primale delle teorie fisiche.

PRINCIPI VARIAZIONALI 1) Principi di stazionarietà e di minimo dell'energia potenziale totale. Insieme discreto di forze. 2) Metodo degli spostamenti per le travature reticolari. 3) Primo teorema di Castigliano. Teorema di Engesser. Secondo teorema di Castigliano. 4) Principi di stazionarietà e di minimo dell'energia complementare. Principio di minimo dell'energia elastica. 5) Metodo delle forze per le travature reticolari. 6) Formulazione integrale dell'equilibrio e della congruenza per la trave inflessa. Deduzione dell'energia potenziale totale. 7) Il metodo di Ritz-Rayleigh (Esempio 6.2).

CRITERI DI RESISTENZA 1) Stato limite e coefficiente di sicurezza. Superficie limite. Le prove sui materiali duttili e fragili. Stati tensionali ugualmente pericolosi. 2) Criterio di Tresca: condizione di crisi e superficie limite. Stato piano di tensione. Interpretazione del dominio nel contesto probabilistico e funzione di probabilità di collasso condizionale. 3) Criterio di Huber-Hencky-Mises: condizioni di snervamento, di resistenza e di sicurezza. Rappresentazione nel piano σ_z-τ_z della trave. 4) Criterio di crisi per frattura. Determinazione sperimentale della tenacità alla frattura. Rappresentazione delle crisi per trazione e per frattura nel caso di solido bidimensionale di materiale fragile.

PROBLEMA DI SAINT-VENANT 1) Impostazione generale. Ipotesi di Saint-Venant. Caratteristiche della sollecitazione. Equivalenza tra tensioni e sollecitazione. I quattro casi fondamentali. Energia di deformazione. 2) Sforzo normale: soluzione del problema ed analisi della deformazione. Analisi della tensione. Lavoro di deformazione. Soluzione alternativa. 3) Flessione retta: generalità e l'esperienza. Soluzione del problema. 4) Stato di deformazione. Stato di tensione. Lavoro di deformazione. 5) Flessione deviata: generalità e decomposizione in flessioni rette. Determinazioni analitica e grafica dell'asse neutro. 6) Rappresentazioni dello stato tensionale. Lavoro di deformazione. 7) Sforzo normale eccentrico: generalità e formula trinomia. Determi-

nazioni analitica e grafica dell'asse neutro. Forma del diagramma delle tensioni e verifiche di sicurezza. 8) Nocciolo centrale d'inerzia. Polarità ed antipolarità. Lavoro di deformazione. 9) Torsione per il cilindro di sezione arbitraria: soluzione di tentativo ed equazioni di congruenza, di legame e di equilibrio. Problemi di Neumann e di Dirichlet. Equivalenza statica. 10) Definizione di centro di torsione. Funzione delle tensioni e sue proprietà. 11) Sezione ellittica. 12) Trattazione del cilindro di sezione circolare come caso particolare del cilindro di sezione generica. 13) Equazioni della torsione scritte nello schema primale delle teorie fisiche. 14) Analogia della membrana ed analogia idrodinamica. 15) Sezioni sottili rettangolare e di forma generica. 16) Sezioni tubolari sottili: angolo unitario di torsione. 17) Deduzioni della formula di Bredt attraverso l'equivalenza statica e l'analogia della membrana.18) Trattazione approssimata del taglio: tensione tangenziale media. Componente di tensione diretta secondo la corda. Tensione tangenziale su una corda generica. 19) Fattore di taglio e lavoro di deformazione. 20) Determinazione approssimata del centro di taglio. Sezione sottile chiusa. 21) Trave spaziale: teoria tecnica, caratteristiche di sollecitazione e componenti di deformazione. Equazioni di congruenza. Energia di deformazione: deduzione attraverso il teorema di Clapeyron. 22) Energia di deformazione: deduzione per via interna. 23) Principio della forza unitaria (Principio dei lavori virtuali). Teoremi di Clapeyron e di Castigliano. 24) Impostazione del calcolo dello spostamento di una struttura staticamente determinata.(4 metodi). 25) Equazioni di equilibrio indefinito, congruenza e di legame elastico in notazione estesa e matriciale. Equazioni della trave spaziale scritte nello schema primale delle teorie fisiche.

TEORIA DELLE STRUTTURE 1) Sistemi piani di forze. Analisi statica e cinematica del corpo rigido. I vincoli per i sistemi piani. 2) Il calcolo delle reazioni vincolari mediante le equazioni della statica ed il procedimento delle catene cinematiche. 3) Analisi statica e cinematica delle strutture piane. I sistemi chiusi. Le equazioni ausiliarie. 4) Le caratteristiche di sollecitazione nei problemi piani e spaziali. 5) Determinazione delle componenti dell'azione interna mediante il principio dei lavori virtuali. 6) La curva delle pressioni. 7) Strutture reticolari piane. 8) La geometria delle masse. 9) La simmetria e l'emisimmetria strutturale. 10) La linea elastica. 11) I corollari di Mohr. 12) Il metodo cinematico per travi ad asse rettilineo. Composizione di rotazioni e di spostamenti. 13) I metodi delle forze e degli spostamenti per la risoluzione di strutture iperstatiche. Schema delle teorie fisiche.14) Cedimenti vincolari e distorsioni di Volterra. 15) Trave continua. 16) Schemi fondamentali per rigidezze e deformabilità assiali. 17) Il metodo cinematico generale; trascurabilità di alcuni effetti. 18) Il principio dei lavori virtuali: calcolo di spostamenti e rotazioni generalizzate, risoluzione di strutture iperstatiche. 19) Teoremi di Clapeyron, Betti, Castigliano e Menabrea sul lavoro di deformazione delle travi. 20) Stabilità dell'equilibrio elastico: sistemi ad elasticità concentrata. 21) Stabilità dell'equilibrio elastico: sistemi ad elasticità diffusa. Limiti di validità della formula di Eulero. Il metodo omega. 22) Verifiche di resistenza a sforzo assiale, a flessione retta, deviata e composta, a taglio e a torsione. Sollecitazioni composte.

LA STATICA DEL CEMENTO ARMATO 1) La resistenza di un materiale intesa come variabile aleatoria: istogrammi e poligoni delle frequenze, distribuzione di probabilità e funzione di ripartizione. 2) Metodi di verifica della sicurezza strutturale. Valori medi, caratteristici e di calcolo per la sollecitazione e la resistenza. 3) problema di verifica e di progetto della sezione rettangolare del solido sollecitato a sforzo assiale. 4) Flessione retta: calcoli di verifica e di progetto e problema misto per la sezione rettangolare. 5) Calcolo di verifica e di progetto della sezione a T del solido sollecitato a flessione retta. 6) Pressoflessione retta: calcolo di verifica e problema misto per la sezione rettangolare.

Testi consigliati

VIOLA E., *Scienza delle Costruzioni*, voll. 1,3, Pitagora, Bologna.
VIOLA E., *Esercitazioni di Scienza delle Costruzioni*, voll.1,2,3 Pitagora, Bologna.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI L **BO, cds: R, Q**
Docente: **Antonio Di Leo** prof. ass.

GEOMETRIA DELLE AREE:
Momento statico, baricentro, momento d'inerzia, momento centrifugo, momento polare, formule di trasporto per i momenti del 1o e del 2o ordine, ellisse centrale d'inerzia.

STATICA:
Azioni esterne: forze concentrate, forze distribuite, risultante di un sistema di forze, distorsioni; Statica del corpo rigido libero: equazioni cardinali, vincoli esterni ed interni e loro prestazioni statiche e cinematiche, sistemi labili-isostatici-iperstatici, sistemi staticamente impossibili, determinati ed indeterminati;
Statica dei sistemi piani di travi: caratteristiche di sollecitazione e loro equazioni indefinite, studio analitico e grafico, curva delle pressioni;

STATO TENSIONALE E DEFORMATIVO DEI SISTEMI DI TRAVI:
Tensione: vettore tensione, componenti scalari, equazioni indefinite di equilibrio, componenti e direzioni principali, circoli di Mohr;
Deformazione: campo di spostamento, componenti di deformazione, componenti e direzioni principali, coefficiente di dilatazione cubica, deviatore di deformazione, misura di componenti di deformazione e di spostamento;
Identità fondamentale nella meccanica dei solidi: sistema forze-tensioni staticamente ammissibile, sistema spostamenti-deformazioni cinematicamente ammissibile, principio dei lavori virtuali per corpi deformabili e per corpi rigidi;
Sistemi elastici: stato elastico, stato elastico lineare, principio di sovrapposizione degli effetti, omogeneità ed isotropia, leggi di Hooke;
Teoria tecnica della trave (De S. Venant): formulazione del problema, casi di sollecitazione semplice nelle travi, sforzo normale centrato, flessione retta, sforzo normale eccentrico, torsione (sezione circolare, sezioni sottili aperte e cave), taglio-flessione (trattazione di Jourawski, centro di taglio);

CRITERI DI SICUREZZA:
Comportamento meccanico di materiali strutturali e loro classificazione meccanica, criterio di Von Mises per materiali duttili, criterio di Mohr-Coulomb per materiali coesivi;

STABILITÀ DELL'EQUILIBRIO:
Carico critico euleriano, metodo omega.

Testi consigliati:

1. L. BOSCOTRECASE, A. DI TOMMASO, *Statica applicata alle costruzioni*, Patron Ed. , Bologna, 1976.

2. A. Di Tommaso, *Fondamenti di Scienza delle Costruzioni*, Parte I, 1981; Parte II, 1993, Patron Ed., Bologna.
3. E. Viola, *Esercitazioni di Scienza delle Costruzioni, 1/ Strutture Isostatiche e Geometria delle Masse, 2/ Strutture Iperstatiche e Verifiche di Resistenza*, Pitagora Ed., Bologna, 1993.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI II **BO, cds: D, C**
Docente: **Erasmo Viola** prof. ord.

L'Insegnamento intende ampliare le ipotesi e le metodologie di analisi assunte nel corso di Scienza delle Costruzioni.

- Sicurezza strutturale ed analisi probabilistica delle strutture
- Problemi non lineari.
- Problemi di stabilità.
- Analisi matriciale delle strutture.
- Metodi numerici di risoluzione.
- Modellazione delle azioni e riferimenti alla vigente normativa.

Testi Consigliati

Corradi L., *Instabilità delle strutture*, CLUP, Milano.
Pozzati P., Ceccoli C., *Teoria e tecnica delle strutture*, Vol. III, Torino, UTET.
Viola E., *Fondamenti di analisi matriciale delle strutture*. Pitagora Editrice.
Viola E., *Introduzione all'analisi probabilistica delle strutture*, Pitagora Editrice.
Dispense a cura del docente.

SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI CERAMICI **BO, cds: Q**
Docente: **Carlo Palmonari** prof. ord.

Programma
Introduzione all'Insegnamento
La ceramica ed i prodotti ceramici: definizioni, classificazioni. Ceramici tradizionali e ceramici speciali.

Microstruttura e proprietà generali dei materiali ceramici.
Cenni su materiali monocristallini, polieristallinì, amorfi. Struttura e microstruttura dei materiali ceramici. Richiami sui diagrammi di stato in fase condensata. Caratteristiche e distribuzione delle fasi. La porosità. Caratteristiche meccaniche, termiche, chimiche, elettriche dei materiali ceramici. Correlazioni fra microstruttura e proprietà.

Le materie prime ceramiche
I silicati: silice, argille, feldspati. Le materie prime non silicatiche.
Caratterizzazione e qualificazione delle materie prime, con particolare riferimento ai ceramici tradizionali: composizione chimica e mineralogica, granuiometria, caratteristiche reologiche, plasticità, colabilità, caratteristiche termiche, fusibilìtà, comportamento in cottura.
Gli impasti ceramici: composizione generale, funzioni, criteri di progettazione.

La preparazione degli impasti ceramici

Macinazione, omogeneizzazione, regolazione dell'umidità. Processi a secco e processi a umido: principi, impianti, parametri operativi, criteri generali di dimensionamento e di scelta. Aspetti tecnici, energetici, gestionali.

La formatura

Metodi di formatura: pressatura delle polveri, formatura in plastico, colaggio: principi, impianti, parametri operativi, criteri generali di dimensionamento e di scelta. Aspetti tecnici, energetici, gestionali.

L'essiccamento

Il sistema argilla acqua e l'essiccamento. Principi generali dell'essiccamento dei manufatti ceramici. Processi di essiccamento: impianti, parametri operativi, criteri generali di dimensionamento e di scelta. Aspetti tecnici, energetici e gestionali.

Gli smalti e la smaltatura

Funzioni degli smalti. Tipi, composizioni, struttura degli smalti ceramici. Caratteristiche e durabilità dei sistema supporto/smalto. Tecniche di applicazione degli smalti e criteri generali di scelta.

La cottura

Azione dei calore sugli impasti ceramici tradizionali e sui rispettivi manufatti. Cottura dei supporto e cottura dello smalto: bicottura e monocottura. Finalità e modalità della cottura ceramica. Tecnologie di cottura: impianti, parametri operativi, criteri generali di dimensionamento e di scelta. Aspetti tecnici, energetici e gestionali.

I prodotti ceramici tradizionali

Prodotti ceramici per l'edilizia, per la casa, per l'industria.

Vengono trattati le seguenti classi di prodotti: laterizi, piastrelle, articoli sanitari, tubi, *leganti,* stoviglieria, ceramica artistica, refrattari, abrasivi, *porcellane per* elettrotecnic, discutendo per ognuna:

- classificazione
- cicli tecnologici di fabbricazione
- caratteristiche principali e rispettivi metodi di misura
- norme di riferimento e requisiti per le diverse caratteristiche
- correlazioni fra caratteristiche e prestazioni in esercizio
- criteri generali di scelta.

I prodotti ceramici per tecnologie avanzate.

Classificazione funzionale. Ceramici a base di ossidi, nitruri, carburi, boruri.

Le caratteristiche meccaniche dei ceramici strutturali. Meccanismi di rinforzo e tenacizzazione.

Compositi a matrice ceramica.

Principi e processi di sinterizzazione. Metodi convenzionali ed avanzati di ottenimento di polveri sinterizzabili.

I prodotti ceramici e l'ambiente

Impatto ambientale dei processi ceramici: emissioni gassose ed idriche, fanghi e residui solidi, igiene dell'ambiente di lavoro. Stato attuale, legislazione e norme, prevenzione.

Impatto ambientale dei prodotti ceramici: cessione di sostanze tossiche all'ambiente.

Testi consigliati:

AUTORI VARI, *Manuale dei Materiali per l'Ingegneria*, a cura di AIMAT, Mc-Graw-Hill Ed., Milano, 1996.
G. ALIPRANDI, *Principi di Ceramurgia e Tecnologia Ceramica*, Ed. EGIC, Genova, 1975.
T. EMILIANI, E. EMILIANI, *Tecnologia dei processi ceramici - Ceramurgica*, Ed., Faenza, 1982.
G. PECO, *I prodotti Ceramici. dalla tradizione all'alta tecnologia*, Marzorati Ed., Milano, 1991.
G. BUSANI, C. PALMONARI, G. TIMELLINI, *Piastrelle ceramiche & Ambiente*, Ed. EDI.CER, Sassuolo, 1995.
G. NASSETTI, F. FERRARI, A. FREGNI, G. MAESTRI, *Piastrelle ceramiche & Energia*, Ed. EDI.CER, Sassuolo, 1998.
Pubblicazioni specifiche distribuite dal docente.

Esami. L'esame consta di una prova orale.

SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI CERAMICI L **BO, cds: Q**
Docente: **Carlo Palmonari** prof. ord.

Programma
Introduzione al corso.
La ceramica ed i prodotti ceramici: definizioni, classificazioni.

Microstruttura e proprietà generali dei materiali ceramici.
Cenni su materiali monocristallini, policristallini, amorfi. Struttura e microstruttura dei materiali ceramici. Richiami sui diagrammi di stato in fase condensata. Caratteristiche e distribuzione delle fasi. La porosità. Caratteristiche meccaniche, termiche, chimiche, elettriche dei materiali ceramici. Correlazioni fra microstruttura e proprietà.

I prodotti ceramici per edilizia
I prodotti ceramici per la casa
I prodotti ceramici per l'industria
– Tipi
– Classificazione
– Proprietà
– Norme
– Materie prime e tecnologia di fabbricazione

Le ceramiche tecniche avanzate
– Tipi e classificazione funzionale
– Miscrostruttura e proprietà
– Tecnologie

Ceramica e ambiente: impatto ambientale dei processi ceramici. L'esperienza dell'industria italiana delle piastrelle di ceramica

Testi consigliati:

AUTORI VARI - *Manuale dei Materiali per l'Ingegneria*, a cura di AIMAT, Mc-Graw-Hill Ed., Milano (1996).

G. Peco - *I prodotti Ceramici. Dalla tradizione all'alta tecnologia* - Marzorati Ed. , Milano (1991).
G. Busani, C. Palmonari, G. Timellini - *Piastrelle ceramiche & Ambiente* - Ed. EDI.CER, Sassuolo (1995).
G. Nassetti, F. Ferrari, A. Fregni, G. Maestri - *Piastrelle ceramiche & Energia* - Ed. EDI.CER, Sassuolo (1998).
Pubblicazioni specifiche distribuite dal docente

Esami
L'esame consiste in una prova orale.

SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI ELETTRICI L **BO, cds: E**
Docente: **Antonio Motori**, prof. straord.

Il corso si propone di fornire una trattazione unitaria delle proprietà, degli impieghi e dei criteri di scelta dei materiali per l'ingegneria elettrica.

Classificazione dei materiali. Principali materiali metallici, ceramici, polimerici e compositi impiegati nell'ingegneria elettrica. Proprietà generali e loro determinazione. Normativa.
Materiali monocristallini, policristallini e amorfi. Imperfezioni strutturali e proprietà dei materiali cristallini. Metalli e leghe metalliche. Ceramici. Polimeri termoplastici e termoindurenti. Cristallinità, proprietà e applicazioni dei principali tecnopolimeri.
Microstruttura e proprietà dei materiali. Trasformazioni di equilibrio e non equilibrio: segregazione, inviluppo di fasi, nucleazione e accrescimento di nuove fasi. Esempi ed applicazioni: trattamenti termici, fusione e solidificazione, purificazione dei materiali, etc..
Cenno ai processi elementari di trasporto di materia nei solidi. Esempi e applicazioni: trattamenti termochimici degli acciai, drogaggio dei semiconduttori.
Proprietà elettriche dei materiali: conduttori, semiconduttori e isolanti.
Conduzione elettrica e conducibilità elettrica. Conduttori metallici. Regole di Matthiessen e di Nordheim. Principali materiali conduttori e loro proprietà. Semiconduttori intrinseci ed estrinseci. Drogaggio e meccanismi di conduzione. Materiali isolanti. Processi elementari di polarizzazione. Costante dielettrica complessa e processi di rilassamento dielettrico. Teoria di Debye. Principali materiali isolanti e loro proprietà. Prove e normativa. Tecniche per lo studio delle proprietà elettriche dei materiali isolanti.
Cenno alle proprietà magnetiche dei materiali. Cenno alla superconduzione.
Proprietà meccaniche dei materiali. Elasticità, plasticità, frattura. Principali prove meccaniche. Normativa.
Cenni alle tecnologie di fabbricazione e/o formatura dei materiali per l'ingegneria: fusione/stampaggio, gelificazione, sinterizzazione, lavorazioni meccaniche.
Effetti delle condizioni di servizio sulle proprietà e sulle prestazioni dei materiali elettrici isolanti: effetti meccanici, termici, elettrici, ambientali. Processi di invecchiamento dei materiali isolanti. Tecniche analitiche per lo studio del comportamento nel tempo e dell'affidabilità degli isolanti organici.

Il corso viene integrato da esercitazioni pratiche in laboratorio sulla determinazione sperimentale di proprietà chimico-fisiche, meccaniche ed elettriche.

Per l'approfondimento dei temi trattati si possono consultare i seguenti testi:
W.D. CALLISTER, *Materials Science and Engineering: An Introduction*, J. Wiley & Sons, New York, 1999.
W. TILLAR SHUGG, *Handbook of Electrical and Electronic Insulating Materials*, IEEE Press, New York, 1995.
A.R. BLYTHE, *Electrical properties of polymers*, Cambridge University Press, Cambridge, 1980.
Normativa (UNI, ISO, ASTM, etc.) sui materiali.

Propedeuticità consigliate: Chimica, Fisica.
L'*esame* consiste in un colloquio orale.

Tesi di laurea:
Proprietà chimico-fisiche, meccaniche ed elettriche di materiali isolanti.
Studio dei processi di invecchiamento di materiali isolanti per alte tensioni.

SENSORI E TRASDUTTORI **BO, cds: L, E**
Docente: **Gaetano Pasini** prof. ass.

Programma
1. *I sensori*
La misurazione. Principali applicazioni dei sensori: misura e controllo. Impatto dei sensori nello sviluppo industriale.

2. *Caratteristiche metrologiche dei sensori*
Il ruolo del sensore. Il modello del sensore. La caratterizzazione del sensore. I regimi di funzionamento. Il funzionamento in regime stazionario. Il funzionamento in regime dinamico. Le condizioni operative. La vita. I criteri di scelta dei sensori.

3. *Principi di funzionamento dei sensori passivi*
Sensori resistitiv. Sensori capacitivi. Sensori induttivi. Sensori magnetici.

4. *Principi di funzionamento dei sensori attivi*
Effetti Peltier, Thomson, Seebeck. Effetto piezoelettrico. Effetto piroelettrico.

5. *Sensori e trasduttori per grandezze meccaniche*
Encoder, Resolver, Synchro. Sensori di prossimità ad induzione. Tachimetri capacitivi e ad impulsi elettromagnetici.

6. *Integrazione dei sensori nella strumentazione elettronica*
I trasduttori come elementi circuitali. Amplificazione e rumore. Richiami sui blocchi di condizionamento del segnale. Smart sensors.

7. *Applicazioni dei sensori*
Applicazioni generali. Meccaniche. Automobilistiche. Avioniche. Robotiche. Sensori negli FMS e nel controllo di qualità.

8. *Sistemi di acquisizione dati e CAT*
Diagnostica e CAT, ATE e BITE. Struttura, Interfacce standard RS-232, CAMAC, VXI, MXI. Strumenti virtuali.

9. *Sistema IEEE 488*
Caratteristiche principali. Controllo del flusso informativo. Programmazione delle periferiche. Programmazione del controller.

Testi di riferimento:

UNI, *Norma UNI 4546. Misure e misurazione.*
ASCH, *Les Capteurs en instrumentation industrielle*, Dunod, Paris, 1983.
PARATTE, P. ROBERT, *Systèmes de Mesure*, Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1986.
L. TRIETLEY, *Transducers in Mechanical and Electronic Design*, Marcel Dekker Inc., New York, 1986.
WOOLVET, *Transducers in Digital Systems*, Peter Peregrinus Ltd. London, 1988.
GOPEL, J. HESSE, J.N. ZEMEL, *Sensors*, VCH.
PETERNELLA, R. VITELLI, *Strumentazione industriale - Trasduttori e regolatori*, UTET, Torino, 1981.
ARRI, S. SARTORI, *Le misure di grandezze fisiche*, Paravia, Torino, 1984.

Propedeuticità consigliate: Misure elettriche.

SERVIZI GENERALI DI IMPIANTO — BO, cds: G, M

Docente: **Emilio Ferrari** prof. straord.

Finalità del Corso

Il corso presenta i criteri generali per la scelta ed il dimensionamento dei più comuni impianti di servizio diffusi nei sistemi produttivi, integrando ed ampliando le conoscenze acquisite nel corso di Impianti meccanici, con particolare riferimento agli ambienti industriali. Gli argomenti sono presentati sia sotto l'aspetto tecnico-progettuale, attraverso la discussione dei metodi di progettazione, sia sotto l'aspetto tecnico-gestionale mediante l'indicazione delle norme e dei regolamenti vigenti.

Programma del corso

Parte 1 – Generalità. Richiami di impiantistica meccanica: elementi ed accessori degli impianti per la distribuzione di fluidi ("piping").

Parte 2 – Impianti per la produzione e la distribuzione di energia
Richiami sugli impianti tradizionali di produzione combinata di energia elettrica e termica (centrali termoelettriche, centrali con motori a combustione interna, centrali turbogas). Progettazione e dimensionamento di impianti alternativi con pompe di calore ed impianti a pannelli solari. Confronto tecnico – economico e d esempi.

Parte 3 – Impianti elettrici industriali
Generalità. Calcolo della potenza necessaria. Cabina di trasformazione. Quadri. Linee di collegamento. Apparecchi utilizzatori. Fattore di potenza e rifasamento degli impianti. Rendimento degli impianti. Tariffe elettriche.

Parte 4 – Impianti per il benessere e la sicurezza negli ambienti di lavoro
Richiami e complementi sugli impianti di riscaldamento: tipologie e prestazioni. Calcolo potenzialità termica e relative disposizioni legisla-tive.
Richiami e complementi sugli impianti di climatizzazione. Calcolo potenzialità frigorifera. Impianti per la produ-zione d'acqua refrigerata. Esempi.
Impianti di termoventilazione: dimensionamento dei canali d'aria e scelta dei ventilatori.
Protezione dai rumori. Propagazione del suolo all'esterno e all'interno dei singoli ambienti. Va-

lutazione dei rumori e normative. Principa-li sorgenti di rumore nell'industria. Attenuazione dei rumori. Esempi.
Protezione contro i pericoli elettrici, disposizioni legislative. Protezione negli impianti alimentati dalla rete a bassa tensione o da una propria cabina di trasformazione. Protezione nelle cabine di tra-sformazione. Progetto dell'impianto di terra. Disposizioni legislative.
Illuminazione. Emissione dell'energia radiante. Grandezze fotometriche ed illuminanti raccomandate. Ri-flessione, assorbimento e trasmissione della luce. Sorgenti luminose. Apparecchi illumi-nanti. Fondamenti tecnici d'illuminazione Calcolo di progetto di impianti di illuminazione. Esempi.

Esame: scritto e orale

Testi consigliati

G. Coli, *Impianti energetici ad elevato rendimento*, Ed. PEG, Milano, 1992.
G. Coli, *Impianti per il benessere e la sicurezza dell'ambiente di lavoro*, Ed. PEG, Milano, 1990.
G. Coli, *Impianti per la distribuzione dell'energia elettrica negli edifici industriali e civili*, Ed. PEG, Milano, 1993.
Manuali UNI M11 Vol.1 e 2, 4°ed., Editrice UNI, 2000.
Monte A., *Elementi di impianti industriali*. Ed. Libreria Cortina, Torino, 1982.
Pareschi A., *Impianti industriali*. Progetto Leonardo. Bologna, 1994.
Pierfederici O., *Impianti Meccanici*. Ed. Pitagora, Bologna, 1980.
Pizzetti C., *Condizionamento dell'aria e refrigerazione*, Tamburini ed., Milano, 1970.

SICUREZZA DEL LAVORO E DIFESA AMBIENTALE L — BO, cds: R

Docente: **Sante Fabbri** prof. straord.

Presentazione del corso / Obiettivi generali del corso

Il corso affronta i problemi di analisi e progettazione della sicurezza del lavoro e della protezione dell'ambiente esterno da disturbi ed interferenze negative nell'industria estrattiva e nell'ingegneria degli scavi, nei cantieri per la realizzazione di opere civili e per interventi di consolidamento. Il corso passa in rassegna le metodiche operative e le attrezzature utilizzate. Vengono analizzati, dal punto di vista tecnico e con riferimento alle normative, gli aspetti di identificazione dei pericoli ed analisi di rischio in ambiente di lavoro, prevenzione infortuni, valutazione e miglioramento delle condizioni igienico ambientali nei posti di lavoro, ed i problemi di rilevamento e controllo dei fenomeni di disturbo.

Programma

– La sicurezza del lavoro: definizione del problema con specifico riferimento alle unità estrattive ed ai cantieri di scavo. – Criteri di identificazione dei pericoli e degli impatti ambientali. – Aspetti normativi in materia di sicurezza del lavoro e qualità ambientale: analisi e criteri di corretta applicazione dei supporti normativi nazionali, delle direttive comunitarie e delle principali norme e raccomandazioni straniere. Organismi di controllo. – Infortuni sul lavoro: dati relativi al comparto. – Problemi di igiene ambientale: aspetti particolari della questione per le unità estrattive per i cantieri di scavo; rischio di danno o disturbo verso l'esterno: Principi di rilevamento e riduzione di inquinanti in ambiente di lavoro (microclima, rumore, vibrazioni, polveri e gas). – Principi di rilevamento e riduzione di emissioni ed immissioni.

Laboratori e/o esercitazioni

Sono previste esercitazioni fuori sede presso unità produttive e cantieri, per una visione diretta delle soluzioni impiantistiche discusse.

Bibliografia

Appunti del docente e testi reperibili presso la biblioteca DICMA che saranno segnalati per le parti richiamate nelle lezioni.

SICUREZZA E ANALISI DI RISCHIO **BO, cds: G, N**
Docente: **Carlo Maria Orlandelli** prof. ass.

Scopo dell'Insegnamento è quello di fornire gli strumenti per effettuare l'analisi dei criteri e dei parametri che permettano di ottenere una corretta valutazione del livello di sicurezza di un sistema complesso. In tale ambito si analizzano, le procedure di sicurezza adottate nei grossi impianti finalizzati alla produzione di energia elettrica sia impianti provati sia prototipi.

Vengono, poi, affrontate le problematiche legate ad una corretta impostazione dell'analisi probabilistica dei sistemi deputati alla sicurezza.

Programma

1. *Introduzione al concetto di rischio*: accettabilità del rischio, analisi costi-benefici, rischio riferito alle diverse possibili situazioni operative.
2. *Possibili catene incidentali tipiche in impianti complessi:* impianti nucleari provati ed impianti della nuova generazione, impianti tradizionali; normativa di riferimento per le diverse categorie di impianti.
3. *Metodologie generali di prevenzione e di contenimento delle conseguenze di transitori incidentali*: introduzione al concetto di affidabilità, affidabilità di sistemi, introduzione al concetto di disponibilità, sistemi con componenti ripristinalibili, alberi di guasto, alberi delle decisioni, quantificazione e valutazione dell'errore umano; esempi ed applicazioni.
4. *Analisi delle conseguenze di catene incidentali*: esplosioni in volumi confinati; metodi per la prevenzione, il contenimento e la mitigazione delle conseguenze ed eventuali rilasci.
5. *Le emergenze*: il rilascio di effluenti gassosi, problematiche di evacuazione, gestione delle emergenze.

Testi consigliati:

Per l'elenco dei testi rivolgersi all'Istituto di Fisica Tecnica.

SISTEMI A PORTANTE OTTICA LS **BO, cds: T**
Docente: **Giovanni Tartarini** prof. ass.

Finalità del corso

Partendo dalle basi di teoria dell'elettromagnetismo il corso si propone di far capire il funzio-

namento e le caratteristiche della fibra ottica e dei principali componenti e dispositivi presenti all'interno dei sistemi di telecomunicazione ottici.

Le conoscenze acquisite vengono poi utilizzate per il progetto di sistemi di telecomunicazione reali, anche con l'utilizzo di pacchetti software professionali.

Programma del corso

La fibra ottica
- Un modello semplice: la lastra piana dielettrica
- La Fibra ottica e le sue caratteristiche principali
- Attenuazione
- Dispersione
- Fenomeni non lineari

Studio di alcuni Dispositivi Ottici
- Matrice di Diffusione e sue proprietà
- Cavità di Fabry-Perot e filtri ottici
- Reticoli di diffrazione e loro applicazioni
- Accoppiatori direzionali

Sorgenti e rivelatori
- Richiami sulle proprietà dei semiconduttori
- Funzionamento dei LED e dei LASER
- Amplificatori Ottici
- Funzionamento dei PIN e degli APD
- Principali tipi di ricevitori a rivelazione diretta.

Considerazioni sistemistiche
- Probabilità di errore in ricezione
- Dimensionamento di un sistema ottico.
- Cenni sui sistemi "Radio Over Fiber"
- Cenni sui sistemi ottici coerenti

Esercitazioni di laboratorio (Software OPTSIM di RSOFT®)
- Sistema ottico "Attenuation Limited"
- Sistema WDM

SISTEMI D'ANTENNA LS **BO, cds: L, T**

Docente: **Vittorio Rizzoli** prof. ord.

Obiettivo formativo dell'insegnamento:

Il corso si propone di sviluppare una solida conoscenza di carattere scientifico-metodologico dei principi di funzionamento e delle tecniche di analisi e di progetto dei principali sistemi d'antenna utilizzati nei moderni sistemi di telecomunicazione.

Programma del corso:

Richiami sulla propagazione elettromagnetica nello spazio libero. Centro di fase di un'anten-

na. Rumore termico e temperatura equivalente di rumore di un'antenna. Progetto di massima di una tratta radio. Fondamenti dell'elettromagnetismo computazionale. Metodo dei momenti. Problemi di scattering. Potenza ricevuta e potenza reirradiata da un'antenna. Sezione radar monostatica e bistatica e suo calcolo numerico. Equazione del radar. Sezione radar di ostacoli puntiformi. Polarizzazione del campo diffuso.

Dipoli elettromagnetici. Calcolo delle grandezze caratteristiche nell'ipotesi di distribuzione di corrente nota. Dipolo a mezz'onda. Rendimento. Teorema delle immagini e realizzazione di dipoli tramite monopoli. Equazione integrale di Pocklington per la distribuzione di corrente e sua risoluzione con il metodo dei momenti. Impedenza di ingresso e banda utile di un dipolo.

Antenne composite. Fattore complesso di composizione e campo a grande distanza. Schiere lineari uniformi a radiazione trasversale e assiale. Schiere binomiali. Schiere bidimensionali. Scansione elettronica delle schiere. Schiere di dipoli. Applicazioni: schermi elettromagnetici, antenne radar, antenne per stazioni radiobase. Accoppiamento tra elementi ed elementi parassiti. Calcolo delle distribuzioni di corrente con il metodo dei momenti. Calcolo delle correnti di alimentazione. Applicazioni: antenne Yagi-Uda, dipoli ripiegati, antenne log-periodiche.

Antenne ad apertura. Radiazione da una apertura in condizioni generali. Calcolo delle grandezze caratteristiche nell'ipotesi di apertura illuminata da un'onda piana TEM. Efficienza d'apertura. Sorgente di Huygens. Principio di Huygens-Fresnel e diffrazione elettromagnetica. Apertura circolare illuminata uniformemente. Effetti di un profilo di illuminazione non uniforme. Antenne a riflettore parabolico. Calcolo del campo sull'apertura e dell'efficienza d'apertura. Guadagno di sistema, efficienza di spillover ed efficienza di illuminazione. Ottimizzazione del guadagno. Polarizzazione del campo sull'apertura e reiezione della polarizzazione incrociata. Progetto dell'illuminatore primario. Illuminatori a tromba piramidale e circolare. Illuminatori circolari dual-mode. Illuminazione tramite subriflettore e sistema Cassegrain.

Antenne integrate a microstriscia. Antenna rettangolare: analisi approssimata tramite un modello intuitivo. Analisi numerica rigorosa di antenne di forma qualunque tramite il metodo dei momenti. Calcolo dell'impedenza di ingresso. Applicazioni: schiere di antenne a microstriscia, antenne integrate interne per ricetrasmettitori mobili, antenne integrate a larga banda, antenne a spirale.

Testi consigliati:

L. STUTZMAN e G. A. THIELE, *Antenna Theory and Design*. John Wiley & Sons, 1998.
V. RIZZOLI, *Lezioni di Campi Elettromagnetici*. Esculapio-Progetto Leonardo, 1998.

SISTEMI DI CONTROLLO DIGITALE LA **BO, cds: U, L, I**

Docente: **Claudio Bonivento** prof. ord.

Il corso, partendo dalle basi fornite dai moduli di Controlli automatici, si propone di fornire gli elementi di analisi e progetto dei regolatori digitali, ossia di quei sistemi di controllo in cui l'unità di elaborazione è costituita da un calcolatore elettronico e l'acquisizione dei dati è scandita da un opportuno periodo di campionamento. Gli argomenti principali delle lezioni sono:

- La struttura dell'anello di controllo digitale: componenti, tipi di segnale.
- Equazioni alle differenze.
- La zeta-trasformata. Proprietà e teoremi notevoli
- Campionamento dei senali. Spettro del segnale campionato.

– Ricostruttori di segnale.
– Corrispondenza tra piano s e piano z.
– Composizione schema a blocchi con campionatori.
– Criteri di stabilità per sistemi discreti.
– Specifiche di progetto.
– Tecniche di discretizzazione.
– Progetto mediante uso del piano ausiliario w.
– Progetto mediante luogo delle radici.
– Regolatori PID digitali
– Cenni al progetto analitico per assegnazione poli-zeri.

Le esercitazioni fanno ampio uso di Matlab e Simulink. Gli studenti sono invitati a svolgere un progetto di sistema di controllo e a discutere la relativa relazione in sede di valutazione.

Test di riferimento:

C. BONIVENTO, C. MELCHIORRI, R. ZANASI, *Sistemi di controllo digitale*, Esculapio ed., Bologna, 1999.

SISTEMI DI COMMUTAZIONE LS **BO, cds: T**
Docente: **Carla Raffaelli** prof. ass.

Il corso presenta le architetture dei nodi delle reti di telecomunicazione in relazione alla modalità di trasferimento adottata, sia per reti tradizionali a commutazione di circuito e di pacchetto, sia per le più moderne reti ad alta velocità. Vengono inoltre descritte le principali modalità di progetto e dimensionamento dei sottosistemi che compongono il nodo.

Programma del corso

Reti di interconnessione. Architettura generale di un commutatore. Classificazione delle reti di interconnessione. Reti a stadio singolo. Reti multistadio. Reti di Clos. Reti banyane. Ordinatori bitonici. Modalità di rappresentazione di reti di connessione. Prestazioni.

Architetture per la commutazione nelle reti a pacchetto. Architetture a bus: meccanismi fondamentali e limiti prestazionali. Descrizione di un router realizzato su PC. Architetture per commutatori a pacchetto ad alta velocità.

Architetture per la commutazione a circuito nelle reti analogiche e numeriche. Commutazione numerica: matrici T, TST, STS e relativo dimensionamento. Esempi.

Architetture per la commutazione a cella nelle reti ATM. Architettura generale di un commutatore a divisione di spazio ATM. Tecniche di accodamento in ingresso, in uscita. Commutatori a memoria condivisa.

Architetture di commutazione. La commutazione nel dominio ottico. Commutazione WDM a circuito. La tecnica GMPLS. Commutazione ottica a pacchetto e a burst e architetture relative. Tecniche per la realizzazione dell'accodamento.

Modelli per il dimensionamento di commutatori. Analisi e simulazione. Richiami su code M/G/1. Sistemi tempo-discreti. Modelli per accodamento in ingresso. Modelli per accodamento in uscita.

Esercitazioni: dimensionamento di commutatori per reti ad alta velocità, simulazione di architetture di nodo, configurazione di router IP.

C. RAFFAELLI, *Schemi delle lezioni di Sistemi di Commutazione*, Appunti di Pitagora, Pitagora Editrice, Bologna.
M. DECINA, A. ROVERI, *Introduzione alle reti telefoniche, analogiche e numeriche*, La Goliardica Editrice, Roma.
W. STALLINGS, *ISDN and Broadband ISDN*, Macmillan ed., New York.
J. Y. HUY, *Switching and Traffic Theory for Integrated Broadband Networks*, Kluwer Academic Publisher, Boston
M. DE PRICKER, *Asynchronous Transfer Mode: Solution for Broadband ISDN*, Hellis Horwood, New York.

Esami orali.

SISTEMI DI CONTROLLO DISTRIBUITO LS — BO, cds: I

Docente: **Carlo Rossi** prof. ass.

Finalità del corso

Il corso si prefigge di fornire allo studente le metodologie e le tecnologie per la progettazione di sistemi di controllo distribuiti real-time. Sarà presentato il flusso che va dalla progettazione funzionale alla scelta delle architetture hardware e software, con particolare riferimento alle problematiche real-time in presenza di reti di comunicazione digitale. Saranno inoltre presentate le soluzioni oggi disponibili a livello industriale ed i relativi trend di sviluppo.

Programma

Motivazioni e vantaggi dei sistemi di controllo distribuito.

Controllo per sistemi complessi: scomposizione funzionale, modularità, riutilizzabilità, scalabilità.

Approccio gerarchico alla progettazione funzionale, scomposizione in livelli, formalismi per la descrizione di sistemi complessi.

Architetture hardware distribuite: input-output distribuito, reti di comunicazione digitale per l'automazione e bus di campo, elaborazione real-time distribuita. Soluzioni commerciali e loro limitazioni.

Architetture software per sistemi real-time distribuiti: soluzioni time-triggered e event-triggered, scheduling in presenza di reti digitali, sincronizzazione tra vari nodi, modularità e riutilizzabilità.

Effetti dell'implementazione con architetture distribuite sulle prestazioni del sistema di controllo: determinismo, ritardo, jitter.

Scelta e dimensionamento del sistema di elaborazione distribuito.

Durante il corso saranno presentati casi di studio tratti dai settori dell'automazione industriale e dei sistemi di controllo embedded.

Modalità di esame: prova scritta ed orale
Propedeuticità consigliate: Controlli automatici LA-LB, Sistemi in tempo reale

Testi di riferimento

Lucidi forniti dal docente
Materiale reperibile in internet dai siti dei maggiori costruttori di componenti per i sistemi di controllo distribuito.

SISTEMI DIGITALI LS **BO, cds: I**
Docente: **Eugenio Faldella** prof. ord.

Finalità del corso:
Il corso è finalizzato alla presentazione dei principi, delle metodologie e degli strumenti fondamentali per la progettazione dal punto di vista logico dei sistemi digitali per l'elaborazione dell'informazione.

Programma:
Generalità e nozioni introduttive – Macchine e processi di elaborazione. La gerarchia dei livelli di descrizione. Obiettivi e metodi dei procedimenti di analisi e di sintesi dei sistemi digitali. Modelli di riferimento per lo studio dei sistemi digitali. Strumenti per la descrizione formale del comportamento e della struttura dei sistemi digitali. Componenti digitali integrati: tipologie (componenti mono- e multi-funzionali, componenti universali), struttura e cenni alle caratteristiche tecnologiche. Impatto dell'evoluzione architetturale dei componenti MSI, LSI, VLSI sulle metodologie di progetto di sistemi digitali combinatori e sequenziali. Introduzione ai linguaggi per la descrizione del hardware: RTL e VHDL.
Moderne metodologie di progetto – Il principio di decomposizione di sistemi digitali complessi in sottosistemi funzionali interagenti. Definizione dei servizi, delle interfacce, dei protocolli di comunicazione tra sottosistemi. L'approccio progettuale "data path & control unit". Grafi dei dati e del controllo per la definizione formale delle specifiche di progetto. Il problema dello scheduling: "time constrained scheduling" e "resource-constrained scheduling". Allocazione delle risorse e progetto del data path. Sintesi dell'unità di controllo mediante "algorithmic state machines".

Organizzazione del corso ed esami:
Il corso prevede, oltre alle lezioni ed esercitazioni in aula, esercitazioni guidate e libere in laboratorio. L'esame consiste in una prova scritta obbligatoria ed in una eventuale prova orale a carattere integrativo.

Materiale didattico e testi consigliati:

Dispense a cura del Docente.
F. Fummi, M. G. Sami e C. Silvano, *Progettazione digitale*, McGraw-Hill, 2002.
D. Gajski, N. Dutt, A. Wu e S. Lin, *High-Level Synthesis: Introduction to Chip and System Design*, Kluwer Academic Press, 1992.
G. De Micheli, *Synthesis and Optimization of Digital Circuits*, McGraw-Hill, 1994.
J. Bhasker, *A VHDL Primer*, Prentice Hall, III Edizione, 1999.

SISTEMI DISTRIBUITI LS **BO, cds: T,L,I**

Docente: **Alberto Leone** prof. inc.

Finalità

Il corso presenta e descrive i modelli, le architetture e i componenti principali dei sistemi distribuiti, con particolare riferimento ai sistemi Web. Lo scopo non è solo quello di fornire le conoscenze delle moderne tecnologie Web, ma anche e soprattutto quello di sviluppare ed esercitare le capacità e le metodologie di progetto fondamentali nella realizzazione di progetti complessi. Il progetto del sistema WEB viene quindi analizzato e sviluppato sotto diversi profili, partendo dalle funzionalità di più alto livello fino a tematiche di natura economica e organizzativa.

Programma del corso

Parte Prima - Panoramica dei Servizi e delle Tecnologie

- Introduzione
  Sistemi Web. Definizioni generali. Esempi e modelli significativi
- Panoramica delle tecnologie
  Cenni Storici, HTTP, HTML, Elaborazione client-side, Elaborazione server-side, J2EE, .NET, Servizi WEB (SOAP, WSDL, UDDI)

Parte seconda - progettazione di sistemi WEB

- Ingegneria del WEB
  Introduzione, ciclo di vita
- Metodologia e gestione progetto
  Pianificazione e gestione di progetto. Tecniche per il controllo di progetto. Supporto metodologico (standard di progetto, documentazione).
- Modelli per il progetto di sistemi WEB
  Data model. Hypertext model. Content Management model. Advanced hypertext model.
- Progettazione di sistemi WEB
  Specifica dei requisiti, Progettazione del modello dei dati, Progettazione dell'ipertesto, Progettazione dell'architettura,
- Modelli di traffico e dimensionamento
  Progetto, Benchmark TPC-W, Modello delle risorse
- Architettura applicativa
  Disegno dell'architettura, Selezione software, Web server, Application Server, Portal Server, CMS, Sistemi di pagamento.
- Architettura di sviluppo e test
  Definizione degli ambienti di test e sviluppo delle applicazioni e dei contenuti. Manutenzione correttiva ed evolutiva.
- Realizzazione
  Componenti di content publishing, Componenti di content management

Fonti Consigliate

Designing data-Intensive WEB Applications, S. Ceri et al, Morgan Kaufmann Publishers 2003, ISBN 1-55860-843-5 (Testo di riferimento)

Programming Web Services with SOAP, J. Snell, D. Tidwell e P. Kulchenko, O'Reilly & Associates, 2002, ISBN 0-596-00095-2 (approfondimento sui servizi WEB)

Scaling for E-Business: Technologies, Models, Performance, and Capacity Planning, D.A. Menasce, V.A.F. Almeida, Prentice Hall, 2000, ISBN 0-13-086328-9 (approfondimento sui modelli di traffico e dimensionamento)
Sito del World Wide Web Consortium, http://www.w3c.org

SISTEMI DI PRODUZIONE AUTOMATIZZATI LA — BO, cds:U

Docente: **Arrigo Pareschi** prof. ord.

Finalità del Corso

L'insegnamento si propone di fornire i criteri generali e i metodi quantitativi che presiedono alla scelta, alla progettazione e alla gestione dei sistemi automatici di fabbricazione, assemblaggio, movimentazione e stoccaggio sempre più presenti nei moderni sistemi produttivi dell'industria e del terziario per garantire elevati livelli di flessibilità e di integrazione dei flussi fisici e informativi. All'approccio tecnico-progettuale si accompagna l'analisi della convenienza economica degli investimenti richiesti.

Programma del Corso

Generalità e classificazione dei sistemi di produzione automatizzati e loro ruolo nell'impiantistica industriale e nel terziario, come strumento di integrazione dei flussi fisici e informativi; automazione flessibile dei processi produttivi di beni e servizi come risposta alle variazioni del mercato.

Criteri di ottimizzazione tecnico-economica nella progettazione dei sistemi di produzione in funzione del grado di automazione e di flessibilità.

Evoluzione dei sistemi produttivi: il concetto di integrazione gestionale del sistema di produzione. Il sistema CIM (Computer Integrated Manufacturing).

Sistemi automatici e flessibili di fabbricazione FMS (Flexible Manufacturing System) e principali elementi costitutivi. Il concetto di Group Technology o "tecnologia per famiglie di prodotti o servizi". Criteri di progettazione di un sistema FMS.

Sistemi automatici e flessibili di assemblaggio FAS (Flexible Assembling System). Generalità sull'assemblaggio automatico. Elementi costitutivi di una linea flessibile di assemblaggio. Progettazione di una linea flessibile di assemblaggio automatico.

Sistemi automatici di confezionamento.

Sistemi flessibili di trasporto a guida automatica con carrelli AGV (Automated Guided Vehicle). Caratteristiche e gestione computerizzata dei sistemi AGV. Principali sistemi di guida e loro evoluzione: carrelli a guida laser LGV (Laser Guided Vehicle). Criteri di progettazione di un sistema di trasporto flessibile con carrelli AGV.

Sistemi automatizzati di immagazzinamento e stoccaggio. Magazzini intensivi serviti da trasloelevatori. Metodi per la valutazione dei tempi di ciclo del trasloelevatore. Progetto del magazzino automatico.

Problematiche di controllo e sicurezza nei sistemi di produzione automatizzati e in particolare nei sistemi di trasporto AGV e nei magazzini automatici.

Automazione dei flussi informativi: gestione automatica del processo produttivo; funzioni fondamentali di gestione di FMS, FAS, e sistemi AGV; gestione automatica dei magazzini.

Valutazione della convenienza economica di investimenti nel campo dell'automazione dei processi produttivi. Linee di tendenza dell'automazione nei sistemi produttivi.

Esame: prova scritta e orale

Testi consigliati

PARESCHI A., FERRARI E., PERSONA A., REGATTIERI A., *Logistica Integrata e Flessibile*, Ed.Esculapio, 2002
(e inoltre) Dispense redatte dal Docente e dai Collaboratori.

Altri testi di utile consultazione:

PARESCHI A., *Impianti industriali*, Progetto Leonardo, Società Editrice Esculapio, Bologna, 1994.
LAMBERT D, STOCK J., *Strategic Logistics Management*, McGraw-Hill, 2001.
LOUIS R., *Integrating Kanban With Mrp II: Automating a Pull System for Enhanced Jit Inventory Management*, Productivity Press, Portland, 2001.
BOARIO M., DE MARTINI M., DI MEO E., GROS-PIETRO G.M., *Manuale di Logistica*, UTET, Torino, 1992, Voll. 1-2-3.
GRANDO A., *Logistica e produzione*, UTET, Milano, 1996.
MONTE A., *Elementi di impianti industriali*, voll. 1-2, Ed. Libreria Cortina, Torino, 3° ediz., 1997.
CARON F., MARCHET G., WEGNER R., *Impianti di movimentazione e stoccaggio dei materiali – criteri di progettazione*, Hoepli, 1997.
TURCO F., *Principi generali di progettazione degli impianti industriali*, C.L.U.P., Milano, 1978.
HERAGU S., *Facilities Design*, Ed. PWS, Boston, 1997.
BRANDOLESE A., POZZETTI A., SIANESI A., *Gestione della produzione industriale*, Hoepli, Milano, 1991.
DEL MAR D., *Operations and industrial management*, McGraw-Hill, 1985.
TERSINE R.J., *Production/operations management*, North Holland, New York, 1985.
MORTIMER J., *Logistics in manufacturing*, Ed. IFS Ltd, UK/Springer Verlag, 1988.
FERROZZI C., SHAPIRO R.D., HESKETT J.L., *Logistica e strategia*, 1-2, ISEDI, 1993, Torino.
BOWERSOX D.J., *Logistica, strategia e integrazione in azienda*, Tecniche Nuove,1989, Milano.
HOLLIER R.H., *Automated guided vehicle systems*, IFS Ltd., Bedford (UK), 1987.

SISTEMI DI TRAZIONE **BO, cds: C, M**

Docente: **Alfonso Micucci** ric.

L'Insegnamento si propone di approfondire, soprattutto sul piano progettuale, i problemi relativi ai vari tipi di trazione, elettrica e termica, già trattati in generale nell'insegnamento di Progettazione di sistemi di trasporto, per quanto riguarda sia i mezzi di trazione sia gli impianti fissi. L'insegnamento viene integrato ada esercitazioni svolte in aula.

Generalità. Sviluppo della trazione elettrica e termica. Sistemi di trazione attualmente impiegati per impianti ferroviari, metropolitane, tram, filobus ed autobus. Caratteristiche dei veicoli. Confronto tra i vari sistemi sul piano tecnico ed economico.

Meccanica della locomozione. Cenni e richiami su: aderenza, resistenze al moto, diagramma di trazione e caratteristica meccanica di un mezzo di trazione.

Trazione elettrica. Motori a corrente continua ed a corrente alternata a collettore. Motori a corrente ondulata. Motori sincroni ed asincroni. Motori lineari. Principi di funzionamento del chopper e dell'inverter. Regolazione classica e moderna (elettronica) dei vari tipi di motori. Frenatura elettrica.

Impianti fissi per la trazione elettrica. Linea primaria di distribuzione. Sottostazioni di ali-

mentazione e di conversione. Linee di contatto: problemi elettrici e meccanici nella trasmissione e nella capatazione della corrente.

Trazione termica. Cenni sulla trazione a vapore. Trazione Diesel: caratteristiche costruttive e funzionali dei motori e delle trasmissioni. Trazione Diesel-elettrica.

Veicolo elettrico ad accumulatori. Schemi di trazione e di frenatura. Caratteristiche degli accumulatori. Il problema dell'autonomia.

Testi consigliati:

A. ORLANDI, *Meccanica dei Trasporti*, Ed. Pitagora, Bologna.
F. PERTICAROLI, *Trazione Elettrica*, Ed. CLUP, Milano.
Appunti delle lezioni forniti dal docente.

Esami: orali, con presentazione e discussione delle esercitazioni svolte.

Tesi di laurea: studi e progetti relativi a sistemi di trazione stradale e ferroviaria.

SISTEMI ELETTRICI PER L'ENERGIA LS **BO, cds: E**
Docente: **Carlo Alberto Nucci** prof. straord.

Il corso si propone di fornire gli elementi alla base della progettazione, pianificazione e gestione dei sistemi elettrici di trasporto e distribuzione dell'energia elettrica. Esso lascia al corso di Impianti di produzione dell'energia elettrica il compito di fornire gli analoghi elementi per le centrali elettriche nonché l'approfondimento degli argomenti strettamente in comune ai due corsi.

Programma

Richiami sullo studio dei flussi di potenza nelle reti e metodi di soluzione. I metodi alla Gauss-Seidel ed alla Newton-Raphson. Le approssimazioni dei metodi di soluzione: l'approssimazione in corrente continua, di Carpentier e di Stott. Le curve delle prestazioni limite dei generatori sincroni trifase per macchine isotrope lineari. Dispacciamento economico.

Stabilità del parallelo. Stabilità di macchina sincrona collegata a motore sincrono e a rete di potenza infinita. Concetto di stabilità 'statica' e di stabilità transitoria. Equazioni del moto. Criterio delle aree. Applicazione del criterio delle aree ad alcuni casi notevoli (Guasto trifase seguito da apertura permanente o da richiusura riuscita per linee a doppia terna, a semplice terna, ...). Calcolo dell'angolo di spostamento del rotore. Calcolo ed analisi delle piccole oscillazioni di una macchina sincrona collegata a rete di potenza infinita. Concetto di stabilità dinamica.

Calcolo delle correnti di cortocircuito. Richiami del calcolo in condizioni di guasto dissimmetrico. Procedure di soluzione per reti a molti nodi. La matrice delle impedenze.

Le protezioni delle linee e dei trasformatori. Requisiti di un sistema di protezione. Classificazione e tipi di relé. Protezioni delle linee: protezioni distanziometriche; protezioni con relé direzionali. Protezioni dei trasformatori: protezione differenziale; relé Bucholz; protezioni di terra; protezioni contro i guasti esterni. Protezioni delle sbarre. Protezioni contro i sovraccarichi (cenni).

Regolazione della tensione. Regolazione della tensione nelle reti di trasporto e di distribuzione primaria e secondaria. Rifasamento e controllo dei flussi di potenza reattiva. Trasformatori a rapporto di trasformazione variabile. Il collasso della tensione.

Regolazione della frequenza. Comportamento tipico di un regolatore di velocità di gruppo idroelettrico. La regolazione della frequenza primaria in un sistema "generatore con carichi". La

regolazione della frequenza secondaria nel sistema "generatore con carichi". La regolazione della frequenza in un sistema con più generatori e la ripartizione del carico attivo tra le centrali di una rete. Regolazione frequenza-potenza per reti interconnesse.

Coordinamento dell'isolamento. Approccio probabilistico al problema. Il ruolo delle sovratensioni di origine atmosferica. Cennio alla fenomenologia della fulminazione; i sistemi di rilevamento fulmini; protezione delle linee di trasmissione da fulminazione diretta ('shielding failure' e 'back-flashover'); funi di guardia e loro ruolo nella protezione delle linee aeree; protezione della linee di distribuzione dalle fulminazioni indirette; strutture tipiche e funzionamento degli scaricatori.

I transitori elettromagnetici nei sistemi di potenza. Onde viaggianti su linee prive di perdite; coefficienti di riflessione e trasmissione; linea con terminazione non puramente resistiva; generatore equivalente; riflessioni multiple in una linea priva di perdite di lunghezza finita. Propagazione su linee con perdite; impedenza del suolo; formula di Carson. Il metodo di Bergeron; Il codice di calcolo Electro Magnetic Transient Program (EMTP). Applicazione allo studio della protezione delle linee elettriche dalle fulminazioni.

Impiego della corrente continua. Casi in cui può convenire la utilizzazione di linee in corrente continua, per il trasporto di energia su grandi distanze, per collegamenti sottomarini e per scambi di energia tra grandi reti (back-to-back) come nel caso del collegamento tra le reti dell'Europa occidentale e orientale.

Viene anche svolta una breve trattazione dei sistemi di telecomunicazione tipici dei sistemi elettrici per l'energia, con riferimento in particolare ai collegamenti a mezzo di ponti radio e di onde convogliate.

Esso comprende esercitazioni sia in aula sia al calcolatore ed è di regola completato da una visita ad una grande sottostazione dell'ENEL, di cui in precedenza viene illustrato in dettaglio lo schema.

L'esame consiste di una prova scritta, superata la quale è possibile accedere alla prova orale.

Testi consigliati:

R. Marin, M. Valtorta, *Trasmissione ed interconnessione*, V Ed., Cedam, Padova, 1973.
D. Zanobetti, M. Pezzi, *Lezioni di impianti elettrici*, CLUEB, Bologna, 1981.
F. Iliceto, *Impianti elettrici*, Pàtron, 1981.
R. Marconato, *Sistemi elettrici di potenza*, 2 voll. CLUP, Milano, 1985.
A. Paolucci, *Lezioni di trasmissione dell'energia elettrica*, Cleup, Padova, 1990.
G. Malaman, A Giorgi, M. Calzati, *Teletrasmissioni al servizio delle reti elettriche di energia*, Pitagora editrice, Bologna, 1988.

Testi di consultazione:

Stagg, El-Abiad, *Computer methods in power system analysis*, McGraw-Hill, 1968.
N. Faletti, P. Chizzolini, *Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica*, 2 voll. Pàtron, 1987.
O.I. Elgerd, *Electric energy systems theory*, McGraw-Hill, 1982.
V. Cataliotti, *Impianti elettrici*, 3 Voll. Flaccovio, Palermo, 1988.
A. Greenwood, *Electrical transients in Power systems*, John Wiley & Sons, 1991.
F. Saccomanno, *Sistemi elettrici per l'energia: Analisi e controllo*, Utet, Torino, 1992.

J.J. GRAINGER, W.D. STEVENSON, *Power system analysis*, McGraw-Hill 1994.
P. KUNDUR, *Power system stability and control*, McGraw-Hill 1994.
S.H. HOROWIZ, A.G. PHADKE, *Power System Relaying*, John Wiley & Sons, 1995.
J. MACHOWSKI, J.W. BIALEK, J.R. BUMBY, *Power System Dynamics and Stability*, John Wiley & Sons, 1997.

Sono inoltre disponibili dispense tratte da alcune lezioni del docente, al sito 'Internet' www.ing.unibo.it/nucci.

SISTEMI ENERGETICI L **BO, cds: N**
Docente: **Antonio Peretto** prof. straord.

Richiami: diagramma T, s. Trasformazioni di compressione ed espansione. Rendimenti interno e politropico per una compressione ed espansione. Rendimento isoentropico in funzione del rapporto di compressione e del rendimento politropico.
Gruppo turbogas a ciclo di Brayton. Espressione analitica del lavoro ottenuto, del calore fornito e del rendimento termodinamico. Andamento di questi tre parametri in funzione del rapporto di compressione del ciclo. Schema impiantistico di un gruppo turbogas a ciclo di Brayton.
Potere calorifico inferiore e superiore. Combustione. Aria teorica e reale. Eccesso d'aria. Rugiada acida. Normal metro cubo.
Gruppo turbogas a ciclo rigenerativo. Schema di impianto. Diagramma T, s. Valutazione della condizione limite (rapporto di compressione massimo) di rigenerazione.
Gruppi turbogas bialbero, a compressione frazionata interrefrigerata e/o ad espansione frazionata interriscaldata. Schema e diagramma T,s. Valutazione della pressione intermedia che rende minimo il lavoro di compressione nel caso di compressione interrefrigerata.
Mappe di funzionamento del compressore e della turbina. Accoppiamento compressore turbina.
Influenza della temperatura ambiente sulle prestazioni di un gruppo TG. Cenni su regolazione nei gruppi turbogas e principali strategie di gestione del gruppo.
Gruppi a vapore. Schema di impianto elementare. Diagramma T,s e di Mollier per l'acqua. Cicli Rankine. Influenza dell'abbassamento della pressione di condensazione in un ciclo di Rankine. Valutazione per via analitica e grafica delle condizioni di massimo calore fornito, lavoro specifico e rendimento nel caso di un ciclo di Rankine. Ciclo di Hirn e relativo diagramma T, s.
Gruppi a vapore a risurriscaldamento. Schema di impianto. Diagramma T, s. Valutazione analitica della convenienza del risurriscaldamento rispetto al ciclo di Hirn.
Impianti a vapore rigenerativi. Schema di impianto. Diagramma T, s. Grado di rigenerazione. Valutazione analitica della convenienza degli spillamenti. Scambiatori a miscela e a superficie. Schema e diagramma T,s nel caso di tre spillamenti. Equazioni di bilancio energetico che permettono di determinare le portate di spillamento.
Impianti a ciclo combinato gas-vapore. Schema di impianto. Diagramma T, s. Espressione analitica del rendimento di conversione. Impianto combinato con post-combustione, valutazione analitica del rendimento e calcolo della temperatura limite. Influenza degli spillamenti sul rendimento di un ciclo combinato. Impianto combinato a due livelli di pressione; schema, diagramma di scambio termico in caldaia a recupero ed andamento del rendimento di recupero in funzione del rapporto tra la portata di bassa pressione e la portata al condensatore.
I sistemi energetici con combustibili rinnovabili. Descrizione e principio di funzionamento di gruppi trigenerativi (per la produzione contemporanea di "caldo", "freddo" e potenza meccanica), di gruppi con turbogas che utilizzano combustibili alternativi (biogas, idrogeno, etc.), di

gruppi a vapore che utilizzano combustibili alternativi come le biomasse. Valutazione delle prestazioni di questi impianti funzionanti con combustibili a basso potere calorifico. Esperienze acquisite da alcune importanti aziende municipalizzate.
Gruppi cogenerativi. Indici di prestazione, energetica ed economica, di maggiore utilizzo alla luce anche delle nuove normative in materia di libero mercato elettrico. Diagramma potenza meccanica/termica di un impianto cogenerativo. Le tipologie di gruppi cogenerativi più diffuse: gruppi con TG a recupero semplice, a ciclo combinato, gruppi a vapore in derivazione e a contropressione. Strategie di gestione al variare della richiesta termica ed elettrica. La cogenerazione realizzata con motori a combustione interna, prestazioni e problematiche connesse.
Gruppi frigoriferi a semplice e doppia compressione.
Codici di calcolo per la valutazione delle prestazioni di impianti a gas, a vapore e a ciclo combinato.

Testi adottati

Sistemi Energetici e loro componenti, G. NEGRI DI MONTENEGRO, M. BIANCHI A. PERETTO, II Edizione – Pitagora Editore.

SISTEMI IN TEMPO REALE LS **BO, cds: I**

Docente: **Eugenio Faldella** prof. ord.

Finalità del corso:

Il corso è finalizzato alla presentazione dei principi, delle metodologie e degli strumenti fondamentali per la progettazione dei sistemi di elaborazione operanti in tempo reale.

Programma:

Generalità e nozioni introduttive sui sistemi di elaborazione in tempo reale.

Evoluzione dei processori, dei sistemi operativi, delle architetture e delle reti di comunicazione caratterizzanti i sistemi di elaborazione con vincoli di funzionamento in tempo reale.

Linee guida per la strutturazione di applicazioni in termini di processi cooperanti. Modelli di riferimento e meccanismi per la comunicazione e la sincronizzazione tra processi.

Algoritmi di scheduling per la gestione di processi periodici, sporadici e aperiodici. Protocolli di accesso a risorse condivise. Test di schedulabilità.

Esemplificazione degli aspetti di carattere teorico e metodologico con riferimento a pattern tipici del contesto applicativo dell'automazione e del controllo di processi industriali.

Organizzazione del corso ed esami:

Il corso prevede, oltre alle lezioni ed esercitazioni in aula, esercitazioni guidate e libere in laboratorio. L'esame consiste in una prova scritta obbligatoria ed in una eventuale prova orale a carattere integrativo.

Materiale didattico e testi consigliati:

Dispense a cura del Docente.
J. W. S. LIU, *Real-Time Systems*, Prentice Hall, 2000.
J. COOLING, *Software Engineering for Real-Time Systems*, Addison Wesley, 2003.
G. C. BUTTAZZO, *Sistemi in Tempo Reale*, Pitagora Editrice, 1995.

SISTEMI INFORMATIVI **BO, cds: G**
Docenti: **Fabio Grandi** prof. ass.

Finalità

Il corso si propone di fornire gli strumenti metodologici necessari alla corretta progettazione di un sistema informativo su piattaforma DBMS relazionale, nonché una conoscenza delle tecnologie di base impiegate nella loro realizzazione. Una parte del corso è inoltre mirata a presentare una panoramica ad ampio spettro delle attuali linee evolutive dei sistemi informativi.

Programma

Sistemi informativi aziendali e sistemi per la gestione di basi di dati (DBMS). Introduzione ai concetti fondamentali sui sistemi informativi e sulle basi di dati relazionali. Teoria relazionale (versione "informale" e versione formale): definizioni di base, algebra relazionale, forme normali. Il linguaggio standard SQL, DDL e DML. Interrogazioni semplici (query SPJ) e complesse: funzioni aggregate, raggruppamento, annidamento e uso di quantificatori, variabili relazionali e correlazione. Il sistema MS-Access.

Tecnologia dei sistemi relazionali. Indicizzazione dei dati (B+tree). Il controllo degli accessi concorrenti e la gestione delle transazioni. Il ripristino delle informazioni in caso di guasti. Cenni su basi di dati distribuite (frammentazione, protocolli di commit).

Progettazione dei sistemi informativi. Analisi dell'organizzazione aziendale, raccolta dei requisiti. Il progetto concettuale dei dati: la metodologia Entity-Relationship e gli schemi dei dati. Strategie di progetto. Integrazione di viste. Gli schemi dei flussi e delle operazioni: i diagrammi Data-Flow. Progettazione integrata di dati e funzioni. Progetto logico-relazionale.

Architetture avanzate ed evoluzione dei sistemi informativi. Distribuzione e parallelismo. Il paradigma client-server. Integrazione con sistemi legacy. Separazione funzionale ambienti OLTP-OLAP. Architetture aperte e interoperabilità. Basi di dati attive (regole ECA e trigger). Sistemi ERP. Data Warehousing. Internet e il World Wide Web. Integrazione fra WWW e DBMS.

Bibliografia obbligatoria

Sono disponibili in fotocopia e sul Web appunti informali rilasciati dal docente.

P. Atzeni, S. Ceri, S. Paraboschi, R. Torlone, *Basi di dati: concetti, linguaggi e architetture*, Mc Graw Hill, 1996.

R Van Der Lans, *Introduzione a SQL*, Addison-Wesley, 2001.

C. Francalanci, F. Schreiber, L. Tanca, *Progetto di Dati e Funzioni*, Progetto Leonardo, 1993.

SISTEMI INFORMATIVI L **BO, cds: P**
Docente: **Wilma Penzo** ric.

Obiettivi dell'insegnamento

Il corso presenta le metodologie e gli strumenti informatici per l'analisi e la progettazione dei sistemi informativi.

Programma

Tecnologie dell'informazione in azienda. Struttura e funzionalità dei sistemi informativi. Il

sistema informativo direzionale. La progettazione concettuale e logica delle basi di dati. Sistemi informativi per il supporto direzionale: data warehousing e OLAP. Sviluppo dei sistemi informativi: analisi dei requisiti e progetto di sistema. Elementi di Ingegneria del Software. Modellazione dei dati. Modellazione delle funzioni. Metodi di progettazione orientati agli oggetti: Unified Modeling Language e Unified Process. Elementi di riuso del software: design pattern. Pianificazione, valutazione e conduzione dei progetti informatici. Analisi costi-benefici degli investimenti in tecnologie informatiche.

Testi di riferimento

Dispense fornite dalla docente

G. BRACCHI, C. FRANCALANCI, G. MOTTA, *Sistemi Informativi e Aziende in Rete*. McGraw-Hill, 2001.

L.A. MACIASZEK, *Sviluppo di Sistemi Informativi con UML*. Addison-Wesley, 2002.

SISTEMI INFORMATIVI LA **BO, cds: I**

Docente: **Paolo Ciaccia** prof. straord.

Programma

Obiettivo del corso è fornire allo studente gli strumenti necessari per imparare a utilizzare le Basi di Dati relazionali, presentando le nozioni di base del modello relazionale e dei linguaggi relativi (algebra relazionale e SQL).

Gli argomenti trattati includono:

- Sistemi Informativi e Sistemi per la Gestione di Basi di Dati (DBMS).
- Le principali funzionalità di un DBMS.
- Il modello relazionale dei dati: concetti di base, valori nulli, vincoli sui dati (vincoli di dominio, di tupla di chiave e di integrità referenziale).
- L'algebra relazionale: operatori unari (selezione, proiezione e ridenominazione), operatori binari (join naturale, unione e differenza), operatori derivati (theta-join e divisione).
- Il linguaggio SQL (Structured Query Language): istruzioni di definizione dei dati (DDL), il blocco Select-From-Where, ordinamento del risultato, istruzioni di modifica dei dati, interrogazioni con aggregazione del risultato, interrogazioni innestate, definizione di viste, definizione di vincoli.
- L'interfaccia JDBC (Java Data Base Connectivity)

Esame

L'esame di Sistemi Informativi L-A prevede una prova scritta intermedia, una prova finale in laboratorio e un eventuale colloquio orale integrativo su richiesta del docente.

Bibliografia

Sono disponibili dispense e appunti a cura del docente.

Testi consigliati:

P. CIACCIA, D. MAIO: *Lezioni di Basi di Dati*, Esculapio, 2001.

P. ATZENI, S. CERI, S. PARABOSCHI, R. TORLONE: *Basi di Dati: concetti, linguaggi e architetture*, McGraw-Hill.

Testi di esercizi:

D. MAIO, S. RIZZI: *Esercizi di Progettazione di Basi di Dati*, Esculapio.
D. BENEVENTANO, S, BERGAMASCHI, M. VINCINI: *Progetto di Basi di Dati Relazionali: lezioni ed esercizi*, Pitagora, 2000.

SISTEMI INFORMATIVI LB **BO, cds: I**
Docente: **Paolo Ciaccia** prof. straord.

Programma

Obiettivo del corso è fornire allo studente gli strumenti necessari per imparare a progettare ed amministrare Basi di Dati relazionali, presentando una metodologia di progettazione basata sul modello Entity-Relationship e illustrando i principi costruttivi dei Sistemi per la Gestione di Basi di Dati (DBMS)

Gli argomenti trattati includono:

- Modelli concettuali e modelli logici dei dati.
- Il modello Entity-Relationship (E-R): concetti di base (entità, associazione, attributo, identificatore), identificazione esterna, tipi di gerarchie.
- Progettazione di Basi di Dati relazionali: raccolta e analisi dei requisiti, strategie per la progettazione concettuale, progettazione logica orientata al modello relazionale (carico di lavoro, volume dei dati, ristrutturazione dello schema E-R, traduzione in relazioni, normalizzazione), progettazione fisica (scelta degli indici)
- Tecnologia dei DBMS: gestione della memoria (dispositivi, file, pagine), gestione del buffer, rappresentazione delle relazioni, strutture dati (tipi di file, indici, B-tree e B+-tree, file hash), metodi di accesso (concetto di scansione e cursore), operatori logici e operatori fisici (algoritmi di join, ordinamento esterno, raggruppamento), elaborazione di interrogazioni (parsing, autorizzazioni, riscrittura, regole di equivalenza, statistiche, generazione dei piani di accesso), controllo della concorrenza (tipi di anomalie, lock a 2 fasi, deadlock, livelli di isolamento), protezione dai guasti (uso del log, politiche di gestione del buffer, modalità di esecuzione del commit, processo di ripristino)

Esame

L'esame di Sistemi Informativi L-A prevede una prova scritta e una prova in laboratorio.

Bibliografia

Sono disponibili dispense e appunti a cura del docente.

Testi consigliati:

P. CIACCIA, D. MAIO: *Lezioni di Basi di Dati*, Esculapio, 2001.
P. ATZENI, S. CERI, S. PARABOSCHI, R. TORLONE: *Basi di Dati: concetti, linguaggi e architetture*, McGraw-Hill.

SISTEMI INTELLIGENTI NATURALI E ARTIFICIALI LS **BO, cds: L**
Docente: **Mauro Ursino** prof. straord.

Scopo del corso è di fornire le informazioni essenziali sui modelli matematici e gli algoritmi in grado di simulare l'emergere di comportamenti "intelligenti", quale la memoria dichiarativa e procedurale, la formazione di categorie del mondo, la percezione visiva, le logiche sfumate, i fenomeni evolutivi. Tali modelli saranno visti innanzitutto come strumenti di conoscenza per le neuroscienze, anche se saranno presi in considerazione anche aspetti informatici e applicativi.

Principali argomenti trattati:
Neuroscienze e reti neurali
richiami alla modellistica del neurone
modelli di neuroni a diverso livello di dettaglio
reti neurali e loro proprietà
metodi per la codifica e la decodifica di informazioni neurali
modelli di memoria associativa (ippocampo)
modelli di reti multistrato con supervisore (cervelletto)
reti competitive e addestramento senza supervisore (mappe corticali)
L'elaborazione primaria nella corteccia visiva (retina, corteccia visiva primaria)
Cenni alla logica fuzzy
Cenni agli algoritmi genetici

Le lezioni saranno integrate da esercitazioni al computer, con l'uso del pacchetto software MATLAB, finalizzate alla simulazione di semplici reti neurali e all'analisi delle proprietà emergenti dall'interazione fra neuroni.

SOVRASTRUTTURE STRADALI E FERROVIARIE L **BO, cds: C**
Docente: **Giulio Dondi** prof. straord.

1. COSTRUZIONE DEI RILEVATI E DELLE TRINCEE
Stabilità del piano di posa: carichi di rottura e di plasticizzazione; cedimenti immediati e differiti. Consolidamento dei piani di posa e delle scarpate. Problemi di addensamento: tecniche di campionamento e prove Proctor e C.B.R.

1.1 I SOTTOFONDI STRADALI
Definizione della portanza; prova di carico con piastra (PLT): a ciclo unico ed a cicli ripetuti, definizione del coefficiente di costipamento; metodo HRB. Metodo CBR e FAA. Determinazione di K e Md ed E.
1.2 IMPIEGO DEI GEOSINTETICI
Generalità sui geosintetici: geotessili tessuti e nontessuti, geogriglie, georeti, geocompositi, geocelle, geomembrane. Funzioni ed applicazioni dei geosintetici: separazione, rinforzo, filtrazione, drenaggio, rinforzo superficiale. Caratteristiche fisico-chimiche dei principali geosintetici e dei polimeri; creep e creep apparente, durabilità e metodo dei coefficienti di sicurezza parziali. Riconoscimento pratico dei principali geosintetici. Prove di accettazione e caratterizzazione.
1.3 TECNICHE SPECIALI
Materie prime secondarie: reimpiego di materiali di scarto: il ROSE, ceneri volanti e loppe d'altoforno. Stabilizzazioni delle terre con leganti idraulici: miscele binarie e ternarie:

2. SOVRASTRUTTURE STRADALI

2.1 TIPOLOGIE

Tipologie tradizionali e con leganti modificati. Strati di fondazione, di base, di collegamento e di usura. Inerti granulari: composizione granulometrica a fuso continuo e discontinuo; inerti granulari stabilizzati. Misti cementati. Progettazione e mix-design dei conglomerati bituminosi: metodo francese. Prova Marshall: % di bitume, granulometria, indice dei vuoti, percentuale di filler. Sovrastrutture rigide: progettazione dei conglomerati cementizi: % di cemento, inerti, acqua: Resistenza, confezione, posa e giunti.

2.2 SUPERPAVE

Il metodo SHRP-SUPERPAVE per il mix design dei conglomerati bituminosi con pressa giratoria.

2.3 METODI DI CALCOLO

Calcolo a fatica delle sovrastrutture stradale flessibili. Individuazione della vita utile di progetto della sovrastruttura: rilievi di traffico, composizione del traffico di progetto, fattori di equivalenza dei veicoli, individuazione del traffico in ESA (equivalent standard axle). Metodi semiempirici:, Road Note 29, AASHO (PSI, IS), esempi di calcolo. Metodi razionali: Bisar, leggi di fatica, esempi di calcolo. I Cataloghi delle sovrastutture stradali. Pavimentazioni cementizie: Westergaard, Burmister-Peltier, Hogg. Influenza della temperatura: variazioni stagionali, variazioni giornaliere. Tecniche di controllo: falling weight deflectometer, trave di Benkelman.

3. SICUREZZA STRADALE

Caratteristiche della rete stradale nazionale, classificazione e caratteristiche geometriche delle strade. L'incidentalità: cause e politiche europee per la sicurezza stradale. Fattori che influenzano la sicurezza stradale: aderenza e regolarità. Sistemi di gestione delle strade: il Catasto stradale, costituzione, gestione ed aggiornamento. Il GPS nella costituzione de Catasto stradale.

3.1 PAVIMENTAZIONI AD ELEVATA ADERENZA

Conglomerati bituminosi drenanti e fonoassorbenti. Conglomerati bituminosi antiskid. Conglomerati bituminosi tipo splitmastixasphalt.

4. AEROPORTI

Piste di volo, Taxiways, e Piazzali di sosta: dimensioni, pendenze. Calcolo della sovrastruttura: metodi FAA e STBA. Prove di carico. Zone critiche e giunti tra pavimentazioni diverse. Gambe di forza e carico equivalente su ruota singola. Numero PCN dell'aerostazione e dell'aeromobile. Calcolo delle sovrastrutture flessibili e rigide.

5. FERROVIE

Armamento ferroviario: armamento per alta velocità, piastre di armamento in c.a. Composizione della sovrastruttura ferroviaria.

Supporti didattici:

Agli studenti viene messa a disposizione una copia dei lucidi e delle diapositive presentati a lezione.

Testi consigliati

G. TESORIERE, *Costruzioni di strade, ferrovie ed aeroporti.*
F. GIANNINI e P. FERRARI, *Costruzioni stradali e ferroviarie.*
A. GOMES CORREIA, *Flexible Pavements, Balkema*, 1996 ISBN 90 5410 523.

SPERIMENTAZIONE DEI MATERIALI DEI MODELLI E DELLE STRUTTURE

BO, cds: D, C

Docente: **Elena Ferretti** ric.

I valori dei molteplici parametri che definiscono le proprietà meccaniche dei materiali di impiego strutturale sono, oltre che variabili aleatorie, affetti da convenzionalità in termini di procedure sperimentali unificate. La loro utilizzazione al momento della modellazione matematica dei legami costitutivi costituisce perciò un riferimento condizionato alla così standardizzata storia di carico o di deformazione e/o storia termo-igrometrica, con non trascurabili riflessi sui risultati dell'analisi strutturale.

L'Insegnamento tende a fornire indicazioni utili al superamento delle convenzionalità suddette, pur necessarie alla definizione di programmi sperimentali finalizzati sia alle correnti verifiche di conformità normalizzate che a caratterizzazioni ad hoc.

1) Principi di metrologia: sistemi di unità di misura, principi fisici e caratteristiche metrologiche degli apparecchi di misura.

2) Mezzi di carico per prove meccaniche e relativi trasduttori: macchine di prova, dinamometri e trasduttori di carico, verifica della taratura, classe e rigidezza.

3) Metodi fisici e meccanici per la misura di deformazioni e spostamenti: estensimetria, trasduttori di spostamento meccanici, elettrici a variazione di resistenza o di induttanza.

4) Catene: di misura: sensibilità e classe.

5) Metodi unificati per la determinazione dei parametri meccanici di materiali di interesse ingegneristico.

6) Criteri di conformità normalizzati: programmi sperimentali, parametri meccanici.

7) Metodi di indagine non distruttivi per la valutazione dell'omogeneità e la stima della classe di resistenza dei calcestruzzi in situ: vibrazionali, microsismici, di durezza superficiale, di estrazione, di penetrazione.

8) Energia di frattura per conglomerati cementizi: determinazione sperimentale e filessi sul legame costitutivo in trazione monoassiale.

9) Caratterizzazione meccanica di solidi murari.

10) Legami sforzi-deformazioni indipendenti e dipendenti dal tempo: influenza delle condizioni di prova, modellazione del legame costitutivo.

11) Calcestruzzo: deformazioni da ritiro (cenni sulla teoria della diffusione, modelli CEB, ACI, e Bazânt-Panula); deformazioni viscose (viscosità lineare: modelli CEB, ACI e Bazânt-Osman; equazioni costitutive basate sull'analogia con molle e dispositivi viscosi); progetto di miscela.

12) Valutazione delle prestazioni di semplici elementi strutturali mediante prove di carico.

Testi consigliati:

La bibliografia è disponibile presso la biblioteca dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni.

Esercitazioni: *in laboratorio*: uso di strumenti e apparecchiature di prova; *in aula*: rappresentazione e analisi di risultati per via statistica.

Propedeuticità consigliate

Scienza delle Costruzioni e Tecnica delle Costruzioni.

STATICA L **CE, cds: dud**

Docente: **Giovanni Pascale** prof. ass.

1 STATICA E CINEMATICA DEI SISTEMI RIGIDI

Richiami di statica. Composizione e decomposizione di sistemi piani di forze. Proprietà statiche e cinematiche dei vincoli. Statica del corpo rigido, delle travi e dei sistemi piani di travi. Studio analitico e grafico delle strutture isostatiche. Caratteristiche della sollecitazione. Strutture reticolari piane: studio attraverso i metodi dell'equilibrio dei nodi e delle sezioni di Ritter.

2 GEOMETRIA DELLE MASSE

Sistemi piani di masse concentrate e distribuite. Studio delle proprietà geometriche e inerziali delle sezioni piane. Baricentro, momenti statici e momenti del secondo ordine. Assi e momenti principali d'inerzia. Ellisse centrale d'inerzia.

3 LA TRAVE CARICATA ASSIALMENTE

Studio dello stato di tensione e deformazione. Lavoro di deformazione. Elasticità. Elasticità lineare. Materiali isotropi: leggi di Hooke. Modulo di Young e coefficiente di Poisson.

4 MATERIALI E SPERIMENTAZIONE

Materiali duttili e fragili. Acciai e calcestruzzi: classificazione e cenni alle normative. Legami costitutivi. Materiali compositi fibrosi a matrice polimerica: tipologia, proprietà, cenni sull'analisi dello stato tensionale e deformativo.

Sperimentazione dei materiali e delle strutture: macchine di prova, procedure sperimentali e strumentazione per la misura di forze, spostamenti e deformazioni, con applicazioni pratiche in laboratorio.

5 LA TRAVE INFLESSA

La trave soggetta a flessione retta. Tensioni (formula di Navier), deformazione dell'asse e della sezione, deformazione del concio elementare (legame momento-curvatura), linea elastica.

La trave soggetta a flessione deviata ed a sforzo normale eccentrico.

6 DEFORMAZIONE DELLE STRUTTURE ISOSTATICHE

Determinazione dell'equazione della linea elastica per travi semplici. Calcolo di componenti di spostamento attraverso l'equazione della linea elastica ed il metodo cinematico.

Principio dei Lavori Virtuali, con applicazione al calcolo di componenti di spostamento di strutture isostatiche.

Libri di testo

PASCALE, *Lezioni di scienza delle costruzioni*, Voll. 1 e 2, Esculapio - Progetto Leonardo, Bologna.
VIOLA, *Esercitazioni di scienza delle costruzioni*, Voll. 1 e 2, Pitagora, Bologna.
PASCALE, *Scienza delle costruzioni: esercizi d'esame svolti*, Esculapio - Progetto Leonardo, Bologna.
BIGONI, DI TOMMASO, GEI, LAUDIERO, ZACCARIA, *Geometria delle masse*, Esculapio - Progetto Leonardo, Bologna.

Altri testi di riferimento

DI TOMMASO, *Fondamenti di scienza delle costruzioni*, Patron, Bologna.
CARPINTERI, *Scienza delle costruzioni*, Pitagora, Bologna (con esercizi).

VIOLA, *Scienza delle costruzioni*, Pitagora, Bologna.
BELLUZZI, *Scienza delle costruzioni*, Zanichelli, Bologna.
CAPURSO, *Lezioni di scienza delle costruzioni*, Pitagora, Bologna.
BEER, JOHNSTON, *Scienza delle costruzioni*, Mc Graw Hill, Milano.

Modalità di svolgimento degli esami

L'esame consiste in una prova orale, preceduta dallo svolgimento di uno o più esercizi scritti.

STORIA DELL'ARCHITETTURA II — BO, cds: D, C

Docente: **Alberto Pedrazzini** prof. inc.

Introduzione al Corso

Il Corso si propone come "esplorazione critica" della Storia dell'Architettura e dell'Urbanistica contemporanea con particolare riferimento alla situazione italiana del secondo dopoguerra.

L'attuale polivocità dell'architettura, caratterizzata da tendenze e scuole difficilmente delineabili rende urgente una verifica degli strumenti "storico/critici" dell'architettura stessa. Sembra doveroso rintracciare le trame che hanno caratterizzato l'architettura del novecento.

Si tratta cioè di leggere la Storia dell'Architettura e dell'Urbanistica quale sequenza di avvenimenti concreti che hanno determinato un certo ambiente costruito, imparando a leggerlo nelle sue molteplici componenti.

La storia dell'Architettura è, infatti, Storia delle tecniche costruttive, Storia delle idee che hanno generato i modelli, Storia dei tentativi di gestirli, Storia degli intellettuali protagonisti delle varie vicende, Storia della speculazione estetica da loro promossa. L'evento finito, l'oggetto, si lega dunque alla complessità di molteplici fattori che ci consentono di risalire alle motivazioni culturali, affettive ed emotive che ne hanno determinato la genesi, e permettono di risalire a quella storia di cui il costruito ne è essenza inequivocabile.

Piuttosto che tentativi di riscrivere per l'ennesima volta la Storia, il Corso vuole "riattraversarne" alcuni momenti, alla ricerca di un "profilo" inteso come condizione dell'epoca, dotato di una legittimità riassumente al proprio interno quella complessità strutturale e rappresentatività sociale senza le quali non ha senso parlare oggi di Architettura.

La vastità del quadro generale entro il quale si articola la storia della città e dei suoi elementi, richiede capacità di sapersi orientare e capacità di leggere la molteplicità delle proposte che stanno dietro l'intera vicenda dell'Architettura moderna e di quella italiana in particolare.

La ricerca delle "differenze" e dei "significati", lo sforzo di leggerli, capirli, e dare loro motivazione entro il tempo e la cultura che li hanno prodotti, diviene pertanto momento fondamentale del nostro lavoro. L'acquisizione di strumenti di lettura autonomi consentirà di comprendere meglio le particolarità di tante architetture racchiuse nei manuali.

Articolazione del Corso

Il corso si pone essenzialmente due obbiettivi:

- comunicare e "raccontare criticamente" una serie di eventi significativi alla luce delle considerazioni sopra esposte
- verificare le "capacità critiche" acquisite dagli allievi durante le lezioni, le comunicazioni, i seminari, le uscite sul campo mediante l'analisi descrittiva di alcune opere fondamentali (ricerche storiche e/o costruzione dei modelli).

Il primo momento didattico mirerà quindi in particolare all'individuazione di un "impalcato generale" della modernità entro il quale collocare varie vicende ritenute essenziali per la com-

prensione sia del dibattito internazionale che della situazione nazionale.

Il secondo punto ha in programma la verifica delle possibilità critiche dell'allievo, effettuata tramite "lettura" delle opere studiate ed illustrate durante le lezioni.

Le esercitazioni sono determinanti ai fini della valutazione della prova d'esame.

Programma

Le lezioni, le comunicazioni seminariali, le esercitazioni e le visite sul campo, sono connesse all'espletamento del seguente programma:

1. Introduzione al Corso: contemporaneità, modernità, tradizione.
2. Le trasformazioni tecniche e l'architettura degli ingegneri
3. Europa e America all'inizio del secolo: Arte di stato ed Avanguardie.
4. Il "Novecento italiano" nell'età del nazionalismo. Rapporti con le culture nazionali e le vicende architettoniche tedesca, scandinava, francese, americana, russa, spagnola. I protagonisti in Germania, Belgio e Francia.
5. Le scuole e la formazione del linguaggio della modernità.
6. Ideologia e rappresentazione nei regimi totalitari.
7. L'Architettura durante il fascismo: le mostre, le architetture ed il problema delle città.
8. "Razionalismo" e "Futurismo" in Italia.
9. Le Corbusier e l'Esprit Nouveau.
10. Il Movimento Moderno e l'architettura dei maestri
11. Frank Lloyd Wright e la nuova concezione dello spazio
12. Tra guerra e pace: rotture e continuità
13. L'esperienza post bellica dei Paesi europei, il "Movimento per l'Architettura organica", il "Neorealismo" e l'APAO: Zevi, Quaroni, Gorio, Manfredini, Ridolfi. La questione dei centri storici.
14. La Condizione Post-Moderna e le tendenze degli anni '70 in Europa e in America.
15. Il dibattito contemporaneo sull'architettura e sull'urbanistica.

Bibliografia essenziale

ZEVI BRUNO, *Storia dell'architettura moderna*, Einaudi, Torino, 1950 e sgg.
GIEDION SIGFRIED, *Spazio, Tempo, Architettura*, Hoepli, Milano, 1941 e segg.
BENEVOLO LEONARDO, *Storia dell'Architettura Moderna*, Laterza, Bari, 1960 e segg.
TAFURI MANFREDO, DAL CO FRANCESCO, *Storia dell'Architettura contemporanea*, Electa, Milano, 1976 e segg.
KENNETH FRAMPTON, *Storia dell'architettura moderna*, Zanichelli, Bologna, 1982 e sgg.
GRESLERI GIULIANO, *Pleine Lumière*, Sapiens, Milano, 1993.
MUNFORD LEWIS, *La città nella storia*, 1981.

Bibliografia di supporto

TAFURI MANFREDO, *Storia dell'Architettura italiana 1944-'45*, Einaudi, Torino, 1986.
CIUCCI GIORGIO, *Gli Architetti e il Fascismo / Architettura e città 1922-1944*, Einaudi, Torino, 1990.
DE SETA CESARE, *La cultura architettonica in Italia tra le due guerre*, Laterza, Bari, 1983.
DAL CO FRANCESCO, CIUCCI GIORGIO, *Architettura italiana del '900*, Electa, Milano, 1991.
POLANO SERGIO, *Guida all'architettura italiana del '900*, Electa, Milano, 1991.
GRESLERI GIULIANO, *Le Corbusier/Viaggio in Oriente*, Marsilio, Venezia, 1984 e segg.
GRESLERI GIULIANO, *Le Corbusier/Viaggio in Toscana 1907*, Marsilio, Venezia, 1987.

GRESLERI GIULIANO, *Le Corbusier e L'Esprit Nouveau*, Electa, Milano, 1978 e segg.
PATETTA LUCIANO, VERCELLONI VIRGILIO, *Futurismo*, in "Controspazio", n° 4/5, maggio 1971.
CASSARÀ SILVIO, *La condizione del Post-Modern*, in "Parametro", n° 72, 1978.

Le due collane Zanichelli "Serie di Architettura" (SA) e "Teoria dell'Architettura Moderna" (TAM) offrono un panorama documentario di estremo interesse sui protagonisti, gli scritti, le opere e i programmi dell'Architettura Moderna.

Sui singoli temi assegnati per le esercitazioni, sul problema della costruzione dei modelli, sugli argomenti trattati, verrà di volta in volta indicata e discussa in aula la bibliografia più adeguata.

STORIA DELL'ARCHITETTURA L — CE, cds: dud

Docente: **Silvio Cassarà** prof. inc.

1) Preistoria: la presa di possesso e di coscienza del territorio da parte dell'uomo primitivo
2) Architettura egizia
3) Architettura minoica e architettura micenea
4) Architettura dell'Ellade
5) Fra Etruria e Magna Grecia: i diversi contributi ai primi passi dell'architettura nella penisola italica
6) Architettura di Roma repubblicana
7) Architettura di Roma imperiale
8) Architettura bizantina e architettura paleocristiana
9) Dopo le invasioni: nuova strutturazione del territorio nell'alto-medioevo
10) Architettura romanica
11) Architettura gotica
12) Architettura del Rinascimento italiano
13) Architettura del Manierismo
14) Architettura barocca

Bibliografia:

DAVID WATKIN, *Storia dell'architettura occidentale*, Zanichelli, Bologna, 1999.
LEONARDO BENEVOLO, *Storia della città*, Laterza, Roma-Bari, 1993.

STORIA DELLE TECNICHE ARCHITETTONICHE L — CE, cds: dud

Docente: **Silvio Cassarà** prof. inc.

La Storia del costruire è anche – fra le varie componenti di cui l'Architettura si fa sintesi – Storia del come un edificio viene o è stato realizzato.

La tecnica che un edificio racchiude o nasconde o esplicita o semplicemente utilizza è strumento di indagine del Corso. Che affronta in maniera progressiva i mutamenti intervenuti in tale ambito a partire dalla Rivoluzione industriale e quindi alla successiva e conseguente nascita del Movimento Moderno.

Un periodo che conserva alcuni momenti di " tradizionalismo" ma anche di profonda inno-

vazione rintracciabile come strumento operativo anche nelle tecniche costruttive della contemporaneità.

Questo, senza escludere – tutt'altro – dei fondamenti di analisi storica imprescindibili da altre componenti che appartengono al processo del costruire e alla Storia dell'Architettura tout court.

E senza le quali le interrelazioni e gli elementi che contribuiscono alla definizione del concetto di Storia dell'Architettura – filosofici, sociali, tecnici, e quant'altro – sarebbero parziali e poco comprensibili in questo tentativo attuato nel Corso di fornire agli studenti uno strumento che non sia relegabile all'ambito di un addottrinamento culturale ma anche di uno mezzo – la Storia appunto – che possa eventualmente costituire un ulteriore strumento operativo professionale.

STRUMENTAZIONE BIOMEDICA LS **BO, cds: L**

Docente: **Guido Avanzolini** prof. ord.

Finalità

L'Insegnamento si propone di fornire le conoscenze di base per il progetto e per l'uso appropriato e sicuro delle principali apparecchiature di misura e di elaborazione dei segnali biologici.

Programma

1. I concetti base della Strumentazione per misure biomediche. L'architettura e la descrizione funzionale dei sistemi per misure biomediche. Le loro prestazioni statiche e dinamiche.

2. I sensori per misure biomediche. I sensori resistivi di temperatura, e pressione. I sensori piezoelettrici nelle apparecchiature ad ultrasuoni. I sensori fotoelettrici nelle apparecchiature per analisi cliniche. I sensori elettrochimici per la misura del pH, e dei gas nel sangue. Gli elettrodi per la rilevazione di segnali bioelettrici.

3. Acquisizione di segnali biologici. Gli amplificatori per segnali biomedici, la conversione Analogico/Digitale, gli oscilloscopi ed i registratori per uso biomedico.

4. La misura di potenziali bioelettrici. L'elettrocardiografo: specifiche, schema a blocchi, circuiti elettronici specifici, l'elaborazione automatica dell'elettrocardiogramma.

5. I sistemi ad ultrasuoni per la diagnostica clinica. Generazione e propagazione degli ultrasuoni. I Flussometri ad ultrasuoni. I principi di ecografia. L'Ecotomografo.

6. La strumentazione per il laboratorio di analisi chimico-cliniche. La spettrofotometria, l'autoanalizzatore, il contatore degli elementi figurati del sangue.

7. La sicurezza elettrica delle apparecchiature elettromedicali. Effetti fisiologici dell'elettricità. Il pericolo di macroshock ed i sistemi di protezione Il pericolo di microshock ed i sistemi di protezione.

Testi consigliati:

G. Avanzolini, *Strumentazione biomedica: progetto e impiego dei sistemi di misura*, Patron Editore, Bologna, 1998.

J.G. Webster, *Medical Instrumentation: application and design*, Wiley and Sons, NY, 1998.

W. Welkowitz, S. Deutsch, *Biomedical Instruments: Teory and design*, Academic Press, NY, 1976.

R.S.C. Cobbold, *Transducers for Biomedical Measurements: principles and applications*, Wiley and Sons, NY, 1974.

J.J. CARR, J.M. BROWN, *Introduction to Biomedical Equipment Technology*, Wiley &Sons, NY, 1981.
B.N. FEINBERG, *Applied Clinical Engineering*, Prentice-Hall, New Jersey, 1986.

Esercitazioni parallele allo svolgimento dell'Insegnamento.

STRUMENTAZIONE BIOMEDICA **BO, cds: L**
Docente: **Guido Avanzolini** prof. ord.

Finalità

Nella prima parte l'Insegnamento si propone di fornire le conoscenze di base per il progetto e per l'uso appropriato e sicuro delle principali apparecchiature di misura e di elaborazione dei segnali biologici. Nella seconda parte sono illustrati i principi di funzionamento e le applicazioni dei più diffusi sistemi di supporto alle funzioni vitali.

Programma

Parte I - I Sistemi per Misure Biomediche

1. I concetti base della Strumentazione per misure biomediche. L'architettura e la descrizione funzionale dei sistemi per misure biomediche. Le prestazioni statiche e dinamiche dei sistemi di misura.

2. I sensori per misure biomediche. I sensori resistivi di temperatura, e pressione. I sensori piezoelettrici nelle apparecchiature ad ultrasuoni. I sensori fotoelettrici nelle apparecchiature per analisi cliniche. I sensori elettrochimici per la misura del pH, e dei gas nel sangue. Gli elettrodi per la rilevazione di segnali bioelettrici.

3. Acquisizione di segnali biologici.Gli amplificatori per segnali biomedici, la conversione Analogico/Digitale, gli oscilloscopi ed i registratori per uso biomedico.

4. La misura di potenziali bioelettrici. L'elettrocardiografo: specifiche, schema a blocchi, circuiti elettronici specifici, l'elaborazione automatica dell'elettrocardiogramma. La misura dell'elettromiogramma e dell'elettroencefalogramma.

5. I sistemi ad ultrasuoni per la diagnostica clinica. Generazione e propagazione degli ultrasuoni. I Flussometri ad ultrasuoni. I principi di ecografia. L'Ecotomografo.

6. La strumentazione per il laboratorio di analisi chimico-cliniche. La spettrofotometria, l'autoanalizzatore, il contatore degli elementi figurati del sangue.

7. La sicurezza elettrica delle apparecchiature elettromedicali. Effetti fisiologici dell'elettricità. Il pericolo di macroshock ed i sistemi di protezione Il pericolo di microshock ed i sistemi di protezione.

Parte II - Sistemi di supporto alle funzioni vitali

1. Gli elettrostimolatori cardiaci: il pacemaker ed il defibrillatore.

2. Emodialisi. Richiami di fisiologia renale, la macchina per emodialisi, monitoraggio e controllo del processo dialitico.

3. La macchina cuore-polmone ed il ventilatore artificiale.

Esercitazioni parallele allo svolgimento dell'Insegnamento.

Testi Consigliati

G. AVANZOLINI, *Strumentazione biomedica. Progetto e impiego dei sistemi di misura*, Patron Editore, Bologna, 1998.
W. WELKOWITZ, S. DEUTSCH, *Biomedical instruments: teory and design*, Academic Press, NY, 1976.
R.S.C. COBBOLD, *Transducers for biomedical measurements: principles and applications*, Wiley and Sons, NY, 1974.
J.J. CARR, J.M. BROWN, *Introduction to Biomedical Equipment Technology*, Wiley & Sons, NY, 1981.
B.N. FEINBERG, *Applied Clinical Engineering*, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1986.

STRUMENTAZIONE E AUTOMAZIONE INDUSTRIALE — BO, cds: G, M

Docente: **Cesare Saccani** prof. straord.

Programma

L'Insegnamento si propone di fornire la conoscenza ed i criteri per il corretto impiego di strumenti, metodi ed apparecchiature di misura applicati ai processi industriali.

Si studiano dapprima criteri generali per l'impiego di singoli strumenti e per la realizzazione di catene di misura. Vengono, quindi, mostrate le principali modalità di regolazione, indirizzando ad una scelta corretta in relazione al tipo di processo ed all'impianto considerato.

Viene analizzata la strumentazione di uso più frequente nell'industria e le tecniche per la trasmissione a distanza, la registrazione delle misure e la gestione dei dati di processo.

Si illustrano metodi ed apparecchiature di misura industriali di diverse grandezze fisiche a completamento ed approfondimento delle nozioni acquisite nell'insegnamento di Misure Meccaniche, Termiche e Collaudi.

Vengono infine considerate le apparecchiature e i metodi più idonei per la strumentazione degli impianti meccanici di uso più frequente nell'industria ed inoltre di impianti sperimentali di tipo industriale e da laboratorio.

Esame scritto e orale.

Bibliografia:

Dispense di strumentazione e automazione industriale.

STRUMENTAZIONE ELETTRONICA DI MISURA LS — BO, cds: E

Docente: **Domenico Mirri** prof. straord.

Programma

a) Segnali e sistemi nel dominio del tempo:
- segnali tempo-continui;
- segnali tempo-discreti;
- sistemi tempo-continui;
- sistemi tempo-discreti.

b) Segnali e sistemi nel dominio della frequenza:
- trasformata di Fourier tempo-continua;
- serie di Fourier tempo-continua;
- analisi dei sistemi lineari e tempo-invarianti nel dominio della frequenza;
- trasformata discreta di Fourier;
- trasformata di Fourier tempo-discreta.

c) Caratterizzazione metrologica di dispositivi elettronici:
- amplificatore di tensione;
- circuito Sample-Hold;
- convertitori digitali-analogici;
- convertitori analogici-digitali.

d) Strumentazione digitale:
- interfaccia standard IEEE488;
- multimetro digitale;
- contatore universale;
- wattmetro a campionamento;
- oscilloscopio digitale;
- analizzatore di spettro digitale.

Sono previste esercitazioni di laboratorio.

Esame: orale.

STRUMENTAZIONE E MISURE PER L'INQUINAMENTO L **BO, cds: R**
Docente: **Leonardo Marchetti**, prof. ord.

L'inquinamento ambientale: valutazione qualitativa e misura quantitativa.

La misura ed i sistemi di unità di misura. Criteri generali per le misure e modalità di effettuazione. Il campionamento e la sua importanza. I metodi normalizzati di analisi.

I metodi di misura e la scelta degli strumenti di misura.

L'analisi chimica: elementare e strutturale, qualitativa e quantitativa.

I metodi dell'analisi chimica gravimetrica e volumetrica: principi teorici, applicazioni ed esempi.

I metodi dell'analisi strumentale: Caratteristiche, vantaggi e limiti.

Metodi di analisi spettroscopici, elettrochimici e cromatografici.

Le misure dell'inquinamento chimico e fisico degli ambienti di lavoro, dell'aria, delle acque, dei suoli e dei rifiuti: tecniche di prelievo, metodologie analitiche e cenno alla Normativa.

Trattamento dei dati analitici e valutazione dei risultati ai fini di una politica di controllo, per la verifica degli standard e per la formulazione di indici di qualità ambientale.

La Tossicità delle sostanze chimiche: Sostanze tossiche, nocive, pericolose. La classificazione della tossicità. Effetti acuti, cronici, locali, sistemici. Tossicità per contatto, per ingestione, per inalazione, per iniezione. I fattori che influenzano la tossicità. La valutazione e la quantificazione della tossicità.

I rischi derivanti da agenti fisici. La valutazione della qualità ambientale. I principi della protezione sanitaria.

Il corso sarà integrato da esercitazioni pratiche in laboratorio e sul campo.

Testi consigliati:

Un qualunque testo, a livello universitario, di analisi chimica generale e strumentale.
Le metodologie degli Enti che si occupano della preparazione di metodi analitici industriali (ISS, UNICHIM, ISO, VDI, EPA, OSHA, NIOSH, IRSA-CNR) e delle leggi nazionali e regionali sull'inquinamento, limitatamente agli argomenti del corso.

Modalità d'esame.
L'esame (integrato con l'esame dell'insegnamento di Elementi di Chimica Organica e Biochimica), consiste in una prova scritta ed una prova orale.

STRUTTURE DI FONDAZIONE **BO, cds: C, R**
Docente: **Andrea Benedetti** prof. straord.

Il corso prende in esame i seguenti temi:

Calcolo della portata limite del terreno:
- Modelli di analisi plastica del terreno
- La soluzione di Prandtl – Terzaghi – Hill
- L'impostazione delle norme europee: Eurocodice 7

Valutazione dei cedimenti di fondazioni superficiali:
- Modelli di analisi elastica del terreno
- La soluzione di Boussinesq e il metodo di Harr

Le fondazioni superficiali:
- Progettazione di fondazioni a plinto,
- Il plinto tozzo, snello e a bicchiere,
- La trave di fondazione, soluzione di Winkler,
- Dimensionamento di travi e reticoli di travi,
- La matrice di rigidezza della trave su suolo elastico,
- Dimensionamento di platee di fondazione
- Particolari costruttivi di fondazioni superficiali in calcestruzzo armato

Le fondazioni profonde:
- Pali di fondazione, tipologia e tecniche di esecuzione,
- Calcolo della portata di pali di fondazione singoli,
- Il metodo di Randolph per la valutazione della rigidezza dei pali,
- Gruppi di pali soggetti a carichi verticali
- Analisi del palo singolo soggetto ad azioni orizzontali,
- Gruppi di pali soggetti ad azioni orizzontali
- Metodi per il collaudo dei pali
- Particolari costruttivi di plinti e travi su pali

Le strutture per il sostegno delle scarpate:
- Paratie, tipologia e tecniche di esecuzione,
- Calcolo della portata di paratie a sbalzo e con tirante,

- Progettazione delle paratie e delle travi di bordo,
- Sistemi per la limitazione dei cedimenti delle paratie
- Sostegno provvisorio di scavi per mezzo di palandole metalliche
- Rilevati in terra armata e terra rinforzata
- Sistemi di gabbioni
- Particolari costruttivi delle strutture di sostegno

Metodi industrializzati per l'esecuzione di opere di distribuzione sotterranea:
- microdrilling e microtunneling di condutture interrate
- sottopassi e gallerie a eseguite a spinta
- cenni alle tecniche di esecuzione delle gallerie naturali e artificali

Metodi per il consolidamento di fondazioni esistenti:
- sottofondazioni di colonne e pareti
- micropalificazione di fondazioni esistenti
- trattamenti di consolidamento del terreno mediante jetting

Nel corso dello svolgimento dei temi si darà particolare risalto all'applicazione delle metodologie di calcolo al progetto; si forniranno indicazioni per la valutazione dei fattori critici che possono creare difetti di funzionamento strutturale delle fondazioni.

La parte teorica del corso, prevede ampi richiami sul comportamento geotecnica del terreno e ai fenomeni d'interazione tra terreno – fondazione – struttura. Viene data possibilità ai partecipanti di utilizzare strumenti di calcolo per l'analisi non lineare, sia singolarmente sia in gruppo.

L'esplorazione delle tematiche esposte viene promossa con la redazione di relazioni d'approfondimento da parte degli studenti, su temi di loro interesse; detti documenti fanno parte integrante della valutazione d'esame.

Su tutti gli argomenti trattati vengono assegnate tesi di laurea a richiesta, sia di tipo progettuale che di tipo analitico – di ricerca.

Il materiale didattico del corso consiste in:
a) Libri di testo e di studio,
LANCELLOTTA R., *Geotecnica*, Zanichelli, 1993.
LANCELLOTTA R., CALAVERA J., *Fondazioni*, McGraw-Hill Italia, 1999.
Dispense di Tecnica delle Fondazioni
b) Disco CD contenente lezioni, articoli, normativa, ed altro; tutto il materiale è in versione PDF e può essere letto, stampato e distribuito;
c) Programmi di calcolo in versione ridotta, ma aperta, routines scritte in MATLAB ed altro in modo da poter effettuare analisi numeriche dei problemi affrontati nel corso.

STRUTTURE SPECIALI **BO, cds: C**
Docente: **Andrea Benedetti** prof. straord.

Il corso prende in esame i seguenti temi:

Ingegneria del Fuoco:
- L'incendio, cause, evoluzione ed effetti termo - meccanici
- progettazione di strutture con resistenza passiva all'incendio,

– progettazione dell'edificio per la prevenzione incendi,
– dettagli costruttivi per strutture in calcestruzzo e strutture in acciaio.

Ingegneria dei Materiali Compositi Innovativi:
– materiali compositi fibro – rinforzati,
– riparazione di strutture in calcestruzzo con FRP,
– riparazione e miglioramento sismico di strutture in legno e muratura,
– costruzioni innovative in materiale composito.

Ingegneria delle strutture leggere:
– strutture reticolari e leggere, resistenza e stabilità,
– tensostrutture e strutture a guscio, resistenza e stabilità,
– strutture mobili e montabili,
– sistemi strutturali per le facciate e le coperture in vetro,
– dettagli costruttivi di strutture leggere in acciaio e in alluminio.

Ingegneria degli edifici di grande luce e di grande altezza
– effetti del vento sulle costruzioni flessibili,
– problematiche costruttive degli edifici alti,
– problematiche costruttive dei ponti e delle passerelle.

Nel corso dello svolgimento dei temi si darà particolare risalto all'applicazione delle metodologie di calcolo al progetto; si forniranno indicazioni per la valutazione dei fattori critici che possono creare difetti di funzionamento strutturale.

La parte teorica del corso, prevede ampi richiami sul comportamento non lineare delle strutture che via via vengono poste in discussione. Viene data possibilità ai partecipanti di utilizzare strumenti di calcolo per l'analisi non lineare, sia singolarmente sia in gruppo.

L'esplorazione delle tematiche esposte viene promossa con la redazione di relazioni d'approfondimento da parte degli studenti, su temi di loro interesse; detti documenti fanno parte integrante della valutazione d'esame.

Su tutti gli argomenti trattati vengono assegnate tesi di laurea a richiesta, sia di tipo progettuale che di tipo analitico – di ricerca.

Sono previste numerose conferenze da parte di professionisti attivi nella progettazione di strutture speciali. Di ogni conferenza viene consegnata apposita documentazione.

Il materiale didattico del corso consiste in:

a) Libri e dispense:
Benedetti A., Siviero E., *La concezione strutturale dell'architettura*, Ed. Compositori, 2002.
Rice P., Dutton H., *Structural Glass*, E & FN Spoon, 1995.
Benedetti A. (Ed.), *Progettazione di costruzioni metalliche resistenti al fuoco*, CISM, 2003.
Dispense del corso "L'impiego di materiali compositi fibrorinforzati (FRP) nella riabilitazione strutturale di elementi in c.a.", Bologna, DISTART, 2002.
b) Disco CD contenente lezioni, articoli, normativa, ed altro; tutto il materiale è in versione PDF e può essere letto, stampato e distribuito.
c) Programmi di calcolo in versione ridotta, ma aperta:
– OZONE 2.2, calcolo della temperatura d'incendio con metodi a zone
– SAFIR, calcolo della risposta all'incendio di costruzioni metalliche,
– RETPIANE, ottimizzazione di strutture reticolari piane,
– Routines di MATLAB per il calcolo di tensostrutture ed altro.

STUDI DI FABBRICAZIONE **BO, cds: M**

Docente: **Luca Tomesani** prof. ass.

Generalità

Lo scopo del corso consiste nell'approfondimento delle problematiche di produzione, con particolare riguardo al concetto di ingegneria simultanea. Temi fondamentali del corso sono la scelta della tecnologia e delle macchine, i metodi di contabilità analitica (Centri di Costo e Activity Based Costing), le tecnologie speciali di produzione (laser, plasma, waterjet)

Non è richiesta la propedeuticità degli esami di Tecnologia Meccanica e Macchine Utensili, ma la conoscenza degli argomenti fondamentali di quelle materie è fortemente consigliata.

Programma

Organizzazione della pianificazione di processo: Distinta base, ciclo di fabbricazione, ciclo di montaggio, buoni di prelievo, bolle di lavoro, richieste di acquisto, ordini di acquisto, risorse e carichi di lavoro, piano aggregato di produzione, macrocicli.

Sistemi di produzione: Integrati e specializzati, continui e intermittenti, a flusso, a lotti e unitari, a catalogo e a commessa, a lancio su previsione e su ordine. Sistemi a progetto, a officina, a celle, flessibili, a flusso, a trasferta. Parametri di misura dei sistemi di produzione: lead time, production rate, plant capacity, utilizzazione di impianto, disponibilità, work in process.

Sistemi di contabilità analitica: Contabilità generale e contabilità industriale, costi fissi e variabili, diretti e indiretti, determinazione del profitto, oneri figurativi, ripartizione dei corsi indiretti, costi industriali, costi di vendita e distribuzione, costi di amministrazione, sistema di ripartizione per centri di costo, sistema di ripartizione basato sulle attività. Esempi.

Ingegneria concorrente: Progetto concettuale, design for assembly, design for manufacturing, costruzione integrale, differenziale, composta e a blocchi, metodi di preventivazione dei costi, la competizione dei processi di fabbricazione, la competizione dei materiali, esempi e confronti fra cicli convenzionali e cicli non convenzionali.

Analisi di processi di taglio alternativi: Taglio meccanico di barre e lamiere, punzonatura e tranciatura, tranciatura di precisione, taglio ossiacetilenico, taglio al plasma, taglio laser, sorgenti CO2 e Nd-YAG, taglio waterjet.

Esercitazioni: modellazione FEM 3D e 2D di processi di deformazione plastica, di asportazione di truciolo e fonderia. Valutazione dei carichi, delle tensioni sugli utensili, dei tempi di produzione. Formazione di difetti, cavità di ritiro, porosità, tensioni residue.

Testi per la preparazione

La globalità degli argomenti trattati è raccolta nella dispensa "Studi di Fabbricazione", disponibile presso la copisteria a fianco della biblioteca Dore. Le parti prive di commento vanno integrate da appunti presi a lezione o dai testi consigliati. Esempi di studi di fabbricazione sono raccolti nel testo "Lo stampaggio di precisione", edito da Pitagora, a cura di Luca Tomesani. Gli argomenti del testo sono riassunti nel sito: http://diem101.ing.unibo.it/personale/tomesani/diemtech/index.html

Testi consigliati

G. Chryssolouris, *Manufacturing Systems*, Springer-Verlag, 1992.
M.P. Groover, *Automation, production systems and CIM*, Prentice-Hall, 1987.
C.S. Shian, U. Mennon, *Concurrent Engineering*, Chapman&Hall, 1994.

R.H. TODD, D.K. ALLEN, L. ALTING, *Manucacturing Processes Reference Guide*, Industrial Press, 1994.
J.G. BRALLA, *Handbook of product design for manufacturing*, McGraw-Hill, 1987.
M.M. FARAG, *Materials selection for enginnering design*, Prentice-hall, 1997.
J.A. SCHEY, *Introduction to manufacturing processes*, McGraw-Hill, 1989.
S. KALPAKJIAN, *Manufacturing engineering and technology*, Addison Wesley, 1992.
F. GIUSTI, M. SANTOCHI, *Tecnologia maccanica e studi di fabbricazione*, Ed. Ambrosiana, 1992.

TECNICA DEI LAVORI IDRAULICI

BO, cds: C

Docente: **Sandro Artina** prof. ord.

La redazione di un progetto. La progettazione di opere idrauliche. Progetti di fattibilità ed analisi costi benefici (scopi, dati necessari, elaborati finali). Progetti di massima (prescrizioni generali del Ministero dei Lavori Pubblici, dati necessari, elaborati finali).

Gare di appalto. Modalità e documenti di gara. Preparazione di una offerta. Valutazione degli aspetti economici di un progetto (costi diretti e indiretti, organizzazione temporale delle varie attività, tecniche reticolari di programmazione, livellamento delle risorse, cenni di matematica finanziaria, cash-flow di un progetto, etc.). Modalità di aggiudicazione di un appalto, consegna del cantiere ed inizio dei lavori. Composizione di controversie, collaudi, revisione prezzi, liquidazione dei lavori.

Dimensionamento di acquedotti secondo criteri economici. Condotte di adduzione in pressione. Richiami ai criteri tradizionali di dimensionamento. Impostazione del dimensionamento come ricerca di minimo vincolato. Soluzione del problema in termini di diametri continui, tramite il metodo dei moltiplicatori di Lagrange. Soluzione del problema in termini di diametri commerciali, tramite l'algoritmo della programmazione dinamica. Reti di distribuzione in pressione. Reti ad albero. Reti a maglie. Il problema di verifica, le equazioni che governano il sistema. Richiami a possibili procedure di linearizzazione (metodo di H. Cross, teoria lineare, Newton-Raphson). Richiami ad algoritmi per la soluzione del sistema linearizzato adatti alla struttura della matrice. Soluzione del problema in termini di diametri commerciali, tramite programmazione non lineare a valori misti (M.I.P.).

Dimensionamento di reti di fognatura. Richiamo ai metodi di dimensionamento tradizionali. Ininfluenza delle ipotesi di autonomia e sincronia del moto. Rappresentazione del comportamento idraulico di una rete di fognatura in condizioni di moto vario. Le equazioni che governano il sistema. Le condizioni al contorno da imporre ai pozzetti. Richiami al metodo delle differenze finite e soluzione del sistema tramite tale algoritmo. Uso di procedure interattive di supporto alla progettazione tradizionale. Dimensionamento secondo criteri economici. Formulazione del problema come ricerca di minimo vincolato. Soluzione del problema tramite l'algoritmo della programmazione dinamica.

Studio dei moti di filtrazione in opere di ritenuta in materiale sciolto. Richiamo alle equazioni di Laplace e di Poisson. Esame di un caso monodimenzionale stazionario (verifica a lago pieno). Esame di un caso bidimensionale non stazionario (verifica in condizioni di rapido svuotamento). Soluzione del caso monodimensionale non stazionario tramite differenze finiche. Introduzione al calcolo variazionale: ricerca dell'estremo di un funzionale, equazioni di Eulero, condizioni al

contorno di Dirichelet e di Newman, metodo di Ritz, metodo dei residui pesati, metodo di collocation, metodo dei minimi quadrati, metodo di Galarkin. Soluzione del caso monodimensionale non stazionario tramite elementi finiti. Soluzione del caso bidimensionale stazionario tramite elementi finiti; problemi connessi alla individuazione della superficie di saturazione nel corpo diga. Soluzione del caso bidimensionale non stazionario.

Descrizione dei principali aspetti di cantieri per la costruzione di opere idrauliche.

Cantieri per opere di ritenuta. Cantieri per dighe in materiale sciolgo. Cantieri per dighe in cls.Cantieri per acquedotti (opere di presa, adduzione e distribuzione). Cantieri per fognature. Cantieri per opere marittime.

A sostegno della parte teorica dell'insegnamento vengono svolte *esercitazioni*, i cui principali argomenti riguardano il dimensionamento di reti di acquedotto e di fognatura, e lo studio dei moti filtranti in opere di ritenuta in materiale sciolto.

Gli studenti sono guidati ad affrontare i problemi suddetti con l'ausilio di adeguati programmi di calcolo (di cui ritengono copia), operando individualmente su Personal Computers messi a disposizione presso il Centro di Calcolo della Facoltà.

TECNICA DEI SONDAGGI **BO, cds: R**

Docenti: **Giovanni Brighenti** prof. ord.

L'insegnamento fornisce le conoscenze di base relative alle tecniche di perforazione, alla progettazione dei pozzi per acqua e per idrocarburi nonché alle prime indagini geognostiche e geotecniche in situ.

L'insegnamento si propone di fornire i principi per la programmazione, la progettazione e l'esecuzione dei sondaggi e delle prove in situ nei campi degli idrocarburi, dell'acqua e delle indagini geognostiche e geotecniche.

Programma

1 - Metodi di perforazione.

Perforazione a percussione: descrizione dei principali metodi e relativi impianti.

Perforazione a rotazione: descrizione dell'impianto e criteri di calcolo dei suoi componenti; fluidi di perforazione, loro composizione e caratteristiche reologiche. Perforazione con motori sotterranei. Perforazione a mare. Perforazione orientata. Ottimizzazione della perforazione. Valutazione dell'impatto sull'ambiente.

2 - Criteri di progettazione e di esecuzione dei pozzi per idrocarburi.

3 - Criteri di progettazione, esecuzione e messa in produzione dei pozzi per acqua. Prove di produttività, prove di strato, misure in pozzo.

4 - Programma ed esecuzione delle indagini geotecniche in situ. Criteri per la scelta delle indagini - sondaggi stratigrafici e geotecnici. Tecniche per il prelievo dei campioni. Classi di qualità dei campioni. Misure e prove in pozzo. Prove penetrometriche, pressiometriche e scissometriche. Parametri di progetto da prove in situ.

Esame orali.

Bibliografia

Appunti del Docente (fotocopie).
CHILINGARIAN e VORABUTZ, *Drilling and Drilling Fluids*, Ed. Elsevier.
RABIA, *Oilwell Drilling Engineering*, Graham and Trotman.
INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, *Cours de Forage*, Ed. Technip.
M.J. ECONOMIDES et al., *Petroleum well construction*, J. Wiley.
UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN, *Rotare Drilling Series (unit I,II,III, IV,V)*, Petr. Extension Service, U. of Texas ed.
GERWICK, JR., B.C., *Construction of Marine and offshore Structures*, CRC press.
HARLAN et al., *Water-well Design and Construction*, Elsevier.
F.G. DRISCOL, *Ground water and wells*, Ed. Johnson.
CHIESA, *Pozzi per acqua*, Ed. Hoepli.
AGI, *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.*
A. KÈZDI, *Handbook of Soil Mechanics*, vol. 2: Soil Testing, Elsevier.
M. CASSAN, *Les Essais in situ in mecanique des Sols*, Ed. Eyrolles.

Esercitazioni

Durante l'insegnamento vengono svolte esercitazioni di calcolo, di laboratorio seminari e visite a impianti.

TECNICA DEI SONDAGGI L **BO, cds: R**

Docente: **Paolo Macini** prof. ass.

Introduzione al corso: sondaggi e perforazioni. Valutazione economica dei progetti di perforazione. L'impianto di perforazione e la tecnica rotary. Organizzazione del cantiere e costruzione del piazzale di perforazione. Dimensionamento torre, gruppo motore, impianto di sollevamento, organi rotanti. Batteria di perforazione; dimensionamento ed analisi delle tensioni. Operazioni di manovra; calcolo del lavoro del cavo. Circuito fanghi: attrezzature principali ed accessorie. Fluidi di perforazione: tipologie, reologia e calcolo delle perdite di carico. Gradienti di formazione e di fratturazione. Progetto casing: dimensionamento e verifica. Cementazione delle colonne di rivestimento. Meccanismi di taglio delle rocce: gli scalpelli da perforazione. Tecniche di carotaggio. Configurazioni di testa pozzo ed attrezzature di sicurezza (BOP). Controllo pozzo: teoria e tecniche. Perforazione a mare. Perforazione direzionata. Cenni alle tecniche di pescaggio. Esercizi applicativi di dimensionamento e verifica.

Testi consigliati:

CHILINGARIAN, VORABUTR: *Drilling and Drilling Fluids*, Elsevier.
RABIA: *Oilwell Drilling*, Graham & Trotman.
ECONOMIDES M.J.: *Petroleum Well Construction*, Wiley.
UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN: *Rotary Drilling*, Units 1, 2, 3, 4, 5.
HARLAN: *Water Well Construction and Design*, Elsevier.

TECNICA DEL CONTROLLO AMBIENTALE — BO, cds: G

Docente: **Valerio Tarabusi** prof. straord.

L'Insegnamento si propone di esaminare tutti i fattori ambientali che, legati direttamente ai sensi del corpo umano, interferiscono con la qualità della vita: qualità chimica e fisica dell'aria (olfatto), qualità termoigrometrica dell'aria (olfatto, respirazione, tatto, superficie cutanea), rumore (udito), illuminazione (vista). Per ciascuna di essi vengono fornite le leggi elementari del fenomeno fisico e della risposta fisiologica e gli elementi tecnici di base necessari per effettuarne il controllo in ambiente abitativo, di lavoro ed esterno, nonché i riferimenti normativi di base. Per le diverse tecniche di controllo vengono esplicitati i metodi progettuali ed evidenziati i problemi di carattere gestionale.

Programma

Elementi di termodinamica del moto dei fluidi

MOTO DEI FLUIDI COMPRIMIBILI – Il concetto di comprimibilità nella realtà delle applicazioni. Strato limite. La velocità di propagazione delle onde di pressione. Casi di studio.

Elementi di bioenergetica

BENESSERE TERMOIGROMETRICO – Il metabolismo del corpo umano. Scambi combinati di calore e di massa tra corpo umano e ambiente. Le equazioni di Fanger. La zona di benessere secondo Ashrae. Grado di soddisfacimento del benessere termoigrometrico. Tollerabilità dello stress termico. La qualità dell'aria negli spazi confinati. Misura dei parametri ambientali.

CONSEGUIMENTO PASSIVO DEL BENESSERE AMBIENTALE – Condensazione superficiale. Condensazione interstiziale. Ventilazione naturale degli ambienti confinati. Bilancio termoigrometrico degli ambienti confinati. Analisi termoigrometrica delle strutture trasparenti. Il ricambio d'aria per espellere gli inquinanti ambientali: calore, umidità, gas, odori.

ELEMENTI DI IMPIANTISTICA PER IL BENESSERE AMBIENTALE – Schemi generali: riscaldamento e climatizzazione. Leggi e normative di settore. Componentistica di base: caldaie, gruppi frigoriferi, terminali d'impianto, torri evaporative, condensatori ad aria, condizionatori d'aria, sistemi ad energia totale ed a recupero. Impiantistica di benessere ed ambiente esterno.

Elementi di acustica

ACUSTICA FISICA E PSICOFISICA – Il fenomeno sonoro. La propagazione per onde piane, cilindriche, sferiche. La misura e la valutazione dei parametri acustici. L'udito e l'apparato uditivo. Valutazione della sensazione sonora.

ACUSTICA APPLICATA – Acustica psicofisica: disturbo e danno da rumore. Propagazione attraverso mezzi continui e discontinui. Riflessione, rifrazione, diffrazione del suono. L'assorbimento del suono. Il tempo di riverberazione. La trasmissione del suono. Analisi acustica delle pareti semplici e composte. Le barriere acustiche. Modelli matematici previsionali.

Elementi di illuminotecnica

FISICA DELL'ILLUMINAZIONE – Il fenomeno luminoso. La propagazione della luce. Le grandezze fotomentiche e la fotometria.

ILLUMINOTECNICA – Le sorgenti di luce. Illuminazione artificiale di interni. Illuminazione naturale di interni. Illuminazione artificiale di esterni.

Programma della seconda parte dell'Insegnamento

Bioenergetica

IMPIANTISTICA PER IL BENESSERE AMBIENTALE – Gli impianti per il trattamento dell'aria negli ambienti civili e industriali. Gli impianti di estrazione. Il decreto legislativo 626/94: la sicurezza nei luoghi di lavoro.

Acustica applicata

LA PREVENZIONE – Il controllo della rumorosità negli ambienti di lavoro. Costruzione delle mappe di rumore e loro utilizzo ai fini prevenzionistici. La Direttiva Macchine 89/392; sicurezza intrinseca ad inserimento ambientale. La misura della potenza sonora; il decreto legislativo 277/91.

Testi consigliati

A. Cocchi, *Inquinamento da rumore*, Maggioli Ed., Rimini.
A. Cocchi e altri, *La legge quadro sull'inquinamento acustico*, Maggioli Ed., Rimini, 1996.
A. Cocchi, *Elementi di Termofisica generale ed applicata*, Progetto Leonardo - Società Editrice Esculapio - Bologna, 1990.
Y.A. Cengel, *Termodinamica e trasmissione del calore*, McGraw-Hill Libri Italia Srl – Milano, 1998.
G. Moncada Lo Giudice, *Fisica tecnica ambientale, Termodinamica applicata*, Volume primo – Masson/ESA, Milano, 1999.
G. Moncada Lo Giudice, L. De Santoli, *Fisica tecnica ambientale, Trasmissione del calore*, Volume secondo – Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 1999.
G. Moncada Lo Giudice, L. De Santoli, *Fisica tecnica ambientale, Benessere termico, acustico e visivo*, Volume terzo – Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 1999.
G. Moncada Lo Giudice, L. De Santoli, *Progettazione di impianti tecnici – Problemi ed applicazioni*, Seconda edizione – Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 2000.
G. Moncada Lo Giudice, S. Santoboni, *Acustica*, Masson/ESA, Milano, 1995.
G. Moncada Lo Giudice, A. De Lieto Vollaro, *Illuminotecnica*, Masson/ESA, Milano, 1995.
M. Garai, S. Secchi, G. Semprini, *Isolamento acustico degli edifici – Metodi di calcolo*, Maggioli Editore, 2000.
G. Dall'O', *Gli impianti nell'architettura*, Volume primo – UTET, Torino, 2000.
G. Dall'O', *Gli impianti nell'architettura*, Volume secondo – UTET, Torino, 2000.
Manuale di Progettazione Edilizia, vol. 2, Criteri ambientali e impianti, Ed. Hoepli, Milano, 1994.
Testi delle varie normative tecniche

Esercitazioni:

Le esercitazioni svolte in aula riguardano approfondimenti e/o completamenti degli argomenti trattati nelle lezioni.

Modalità d'esame:

L'esame finale consiste in una prova orale su temi a carattere teorico e/o applicativo, aventi come oggetto le nozioni di base fornite dall'insegnamento stesso.

Propedeuticità: Fisica Tecnica

TECNICA DELLA SICUREZZA AMBIENTALE — BO, cds: R

Docente: **Gigliola Spadoni** prof. straord.

Obiettivi

L'insegnamento ha per oggetto le tecniche da adottarsi per la identificazione e la stima quali-quantitativa dei **rischi ambientali** in attività antropiche quali impianti industriali e grandi opere infrastrutturali, che, per dimensioni e/o caratteristiche, sono potenzialmente in grado di provocare modificazioni funzionali del territorio e quindi della qualità della vita degli abitanti. Esso intende inoltre fornire strumenti per la prevenzione e mitigazione dei relativi impianti.

Programma

Lo stato dell'ambiente in Italia ed i fattori di pressione.

La Valutazione di Impatto Ambientale (VIA): articolazione della procedura, campo di applicazione e criteri di attuazione. Gli Studi di Impatto Ambientale e le metodologie di lavoro nelle diverse fasi: tecniche per individuare gli impatti e quantificarli, indicatori ed indici, interventi di prevenzione e mitigazione degli impatti.

L'impatto sull'aria di effluenti gassosi: elementi di meteorologia e modelli semplici per lo studio della dispersione atmosferica di inquinanti, il modello ISC3 dell'EPA; esempio di impatto di una centrale termoelettrica.

Il monitoraggio della qualità dell'aria: elaborazione statistica dei dati rilevati, modelli interpretativi di rilievi in zone urbane e/o industriali, interventi per il miglioramento della qualità.

La costruzione di indicatori di qualità ambientale per descrivere lo stato delle componenti Territorio (popolazione, habitat, uso e qualità, diversità delle specie,..), Aria (qualità e climatologia), Acqua (popolazione, habitat, qualità, quantità,..) e Interfaccia uomo-ambiente (rumore, odori, estetica, storia,...).

Il rischio ambientale da agenti cancerogeni: classificazione e valutazione (identificazione dei pericoli, valutazione del legame dose-risposta, valutazione dell'esposizione, unità di rischio, caratterizzazione del rischio, criteri di accettabilità, gestione del rischio e sua comunicazione).

Studi (completi) di impatto ambientale e seminari su progetti specifici (alta velocità, variante di valico) e sulla normativa regionale in materia.

Rischi specifici delle sostanze e dei preparati chimici: i parametri di identificazione, la classificazione, l'etichettatura e le schede di sicurezza. Problemi di igiene e sicurezza industriale. Ventilazione per diluizione e aspirazione localizzata. Applicazioni. Analisi dei rischi delle attività industriali (non nucleari) a rischio di incidente rilevante: elementi di base della procedura di valutazione (identificazione eventi anomali, valutazione frequenze incidentali e conseguenze).

Elementi introduttivi sugli strumenti comunitari di eco-gestione ed eco-audit. Il bilancio ambientale di una attività produttiva. I Sistemi di Gestione Ambientale (ISO 14000 ed Emas) e di Gestione della Sicurezza (BS8800 e UNI616).

Bibliografia

Per l'elenco dei testi consigliati rivolgersi al Dipartimento di Ingegneria Chimica, Mineraria e delle Tecnologie Ambientali.

TECNICA DELLA SICUREZZA AMBIENTALE L — BO, cds:R

Docente: **Gigliola Spadoni** prof. straord.

Obiettivi del corso

Fornire elementi per comprendere:

1. quali sono i problemi di sicurezza e salute presenti nelle realtà lavorative ed indicare alcuni metodi e strumenti per la loro valutazione e risoluzione;

2. quali sono gli strumenti tecnici (e tecnologici) di tutela dell'ambiente e come si può valutare il rapporto impresa-ambiente mediante strumenti di identificazione, valutazione e gestione degli impatti ambientali di un'impresa produttiva.

Programma

Sicurezza e salute sul lavoro Introduzione al rischio ed alle sue misure. Le diverse tipologie di rischio e la valutazione dei rischi ai sensi della 626 e seg. Le sostanze pericolose ed il rischio chimico, il controllo dell'esposizione ad agenti chimici (progettazione di ventilazione ed aspirazione localizzata). Un altro rischio per la salute: l'esposizione al rumore.

Il rischio ambientale Principali problemi di inquinamento ambientale di acqua, aria, suolo: inquinanti, indicatori e indici ambientali. La valutazione di impatto e lo studio di impatto ambientale: alcuni metodi di identificazione e valutazione (liste di controllo, matrici, ...). L'importanza della modellistica di simulazione per le valutazioni previsionali. Esempi di SIA. Cenni sulla legislazione italiana di protezione della qualità dell'aria, dell'acqua e del suolo. Elementi sulla valutazione del rischio per la salute umana.

Strumenti di eco-gestione ed eco-audit Il bilancio ambientale di una attività produttiva. I Sistemi di Gestione Ambientale (ISO 14001.. ed Emas) e di Gestione della Sicurezza (BS8800 e UNI616).

TECNICA DELLA SICUREZZA DEI CANTIERI VIARI L — BO, CdS: C

Docente: **Andrea Simone** ric.

1. Organizzazione del cantiere
   – Pianificazione e programmazione, Analisi dei costi, Problemi relativi alla sicurezza
2. Impianti per la preparazione degli inerti
   – Frantumazione, vagliatura, lavaggio
3. Impianti per la produzione e posa dei calcestruzzi cementizi
   – Approvvigionamento e conservazione dei componenti, Dosaggio, Impasto, Trasporto, Posa.
4. Impianti per la produzione e posa dei conglomerati bituminosi
   – Produzione, impianti discontinui, impianti continui, impianti per emulsioni bituminose, impianti per la modifica dei bitumi, trasporto e posa, compattazione.
5. La costruzione della via (tracciamento)
   – Tracciamento planimetrico, tracciamento altimetrico, tracciamento del corpo stradale.
6. Lo scavo delle terre
   – Scavo con esplosivi, scavo con macchine, macchine per lo scavo
7. Macchine per il trasporto
   – Autocarri, autotreni, autoarticolati, dumper.
8. Macchine per spandimento e livellamento
   – Livellatrice

9. Macchine per il costipamento
– Il costipamento, tecnologia dell'addensamento, macchine ad azione statica, macchine ad azione dinamica, controllo del costipamento.
10. Tecnica dei lavori ferroviari
– Operazioni per garantire lo smaltimento delle acque, assodamento, sguarnitura, riguarnitura- vagliatura, risanamento della massicciata, livellazione, allineamento, materiali della sovrastruttura ferroviaria.
11. Valutazione di impatto ambientale
– La metodologia, la normativa.
12. La certificazione della qualità
– Quadro normativo, sistema qualità, controllo del processo di produzione, prove e collaudi.
13. Atti amministrativi dei lavori
– Legge N. 109/94 e successive modificazioni, regolamento N. 554/99, Capitolato generale n° 145/2000. Contratti, il subappalto, la direzione lavori, il tempo dell'esecuzione, impreviste difficoltà di esecuzione, contestazioni tra committente e appaltatore, risoluzione del rapporto, collaudo, revisione prezzi.

TECNICA DELLE ALTE TENSIONI LS **BO, cds: E**
Docente: **Giovanni Mazzanti** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di approfondire la conoscenza delle tecniche degli apparati specifici utilizzati nel campo delle alte ed altissime tensioni ponendo l'accento sulle modificazioni che la tecnologia elettrica subisce quando le tensioni assumono valori elevatissimi.

Allo scopo nell'insegnamento vengono analizzati i diversi tipi di sollecitazioni cui sono soggetti gli apparati in alta tensione (tensione di esercizio, sovratensioni atmosferiche, sovratensioni di manovra) ed il comportamento dei diversi sistemi isolanti con tali sollecitazioni.

Vengono inoltre illustrati gli apparati e le metodologie di prova per riprodurre in laboratorio le diverse sollecitazioni che si hanno in esercizio sugli apparati di alta tensione.

L'insegnamento si collega a monte con quelli di Tecnologie Elettriche, Impianti elettrici e Misure elettriche.

In sintesi il programma dell'insegnamento è il seguente:
- Coordinamento degli isolamenti
- Meccanismi di scarica nei gas su brevi e lunghe distanze, scarica del fulmine, schermatura delle linee
- Sovratensioni di origine atmosferica e mezzi per la loro riduzione
- Sovratensioni di manovra e mezzi per la loro riduzione
- Interruttori per alta tensione
- Prove sugli interruttori per alta tensione
- Impianti di prove in alta tensione in corrente continua, corrente alternata ed ad impulso
- Elementi costitutivi di una stazione blindata
- Cenni sul calcolo dei campi elettrici con metodi numerici
- Cenni sugli effetti fisiologici di elevati campi elettrici

Vengono forniti appunti preparati dal docente, contenenti anche indicazioni bibliografiche per l'approfondimento della materia.

TECNICA DELLE COSTRUZIONI L — BO, cds: C

Docenti: **Claudio Ceccoli** prof. ord.
Marco Savoia prof. straord.

Finalità dell'Insegnamento: mettere gli allievi in grado di redigere il progetto delle più ricorrenti strutture.

Programma

L'insegnamento, riguardante la teoria e la tecnica delle strutture, si articola nelle partiò fondamenti del progetto delle strutture - Sistemi di travi - Strutture di fondazione - La precompressione delle strutture - Lastre piane - Lastre curve di rivoluzione. Le *esercitazioni* riguardano le applicazioni pratiche relative a ricorrenti tipi di strutture, con estesa illustrazione delle norme per le costruzioni di calcestruzzo armato, di acciaio e precompresse. Gli studenti vengono assistiti per lo sviluppo di tre progetti riguardanti: una struttura metallica di un edificio industriale; un telaio multipiano di calcestruzzo armato con relativa fondazione; una trave precompressa.

Testi consigliati:

Dispense redatte dai Docenti dell'Istituto.

O. Belluzzi, *Scienza delle costruzioni*, ed. Zanichelli, Bologna; vol. II (Struttura a volte iperstatiche, Travi nello spazio, Cemento armato, Collegamenti); vol. III (Lastre piane, Lastre curve di rivoluzione).

E. Giancreco, *Teoria e tecnica delle costruzioni*, ed. Liguori, Napoli, 1971; vol. I (Strutture in c.a.p., Questioni pratiche); vol. II (Sistemi di travi); vol. III (Lastre piane).

A. Migliacci, *Progetti di strutture*, Tamburini, Milano, 1968.

G. Oberti, *Corso di tecnica delle costruzioni*, Levrotto e Bella, Torino, 1971.

E. Pozzati, *Teoria e tecnica delle strutture*, ed. UTET, Torino, vol. I (Fondamenti, marzo 1972); vol. II parte 1 (Sistemi di travi: l'interpretazione elastica, febbraio 1977); vol. II parte 2, in collaborazione con C. Ceccoli (Sistemi di travi: applicazioni pratiche, febbraio 1977).

V. Zignoli, *Costruzioni edili (metalliche)*, ed. UTET, Torino, 1974.

Svolgimento degli esami, esercitazioni: L'esame consiste nello svolgimento dei progetti durante l'anno e in una prova orale, alla quale si è ammessi se risulta positivo il giudizio degli stessi progetti. Gli studenti che nel corso delle esercitazioni non hanno effettuato un numero minimo di presenze debbono svolgere una prova scritta per essere ammessi a quella orale.

Propedeuticità consigliate: Scienza delle costruzioni.

Tesi di laurea
Progetti di strutture - Coordinamento con tutti gli Istituti interessati a problemi strutturali.

TECNICA DELLE COSTRUZIONI — BO, cds: D

Docente: **Pier Paolo Diotallevi** prof. ord.

Finalità dell'Insegnamento.

Il corso si propone di esaminare gli argomenti di carattere sia teorico sia applicativo per permettere agli allievi di redigere il progetto delle strutture più ricorrenti.

Programma

L'Insegnamento riguarda la teoria e la tecnica delle strutture e si articola nella nei seguenti capitoli fondamentali:

- la sicurezza strutturale
- le azioni sulle strutture
- i fondamenti del progetto delle strutture
- i sistemi di travi
- i procedimenti per la verifica della sicurezza (tensioni ammissibili e stati limite)
- le strutture di fondazione
- le strutture precompresse
- le lastre piane
- le membrane di rivoluzione
- i riferimenti normativi per le costruzioni
- le costruzioni in zona sismica (primi cenni).

Le *Esercitazioni* riguardano le applicazioni pratiche relative ai tipi di strutture ricorrenti quali le strutture di cemento armato, le strutture metalliche, le strutture precompresse; questi temi sono accompagnati da una estesa illustrazione delle normative. Vengono inoltre portate alcune prime indicazioni sulla progettazione delle costruzioni di muratura e delle strutture di legno. Gli allievi vengono assistiti nello sviluppo di progetti riguardanti una struttura metallica, un telaio di cemento armato per un edificio multipiano e delle relative strutture di fondazione ed infine una trave di cemento armato precompresso.

Testi consigliati:

Dispense redatte dai Docenti del Raggruppamento Disciplinare 'Tecnica delle costruzioni' di Bologna.

G. Ballio, F. M. Mazzolani, *Strutture in acciaio*, ed. ISEDI, Milano, 1979.

O. Belluzzi, *Scienza delle costruzioni*, ed. Zanichelli, Bologna.

E. Giangreco, *Teoria e tecnica delle costruzioni*, ed. Liguori, Napoli, 1971.

A. Migliacci, *Progetti di strutture,* ed. Tamburini, Milano, 1968.

P. Pozzati, *Teoria e tecnica delle strutture*, ed. UTET, Torino, 1972 (vol.I), 1977 (vol. II).

V. Zignoli, *Costruzioni metalliche,* ed. UTET, Torino,1974.

Svolgimento degli esami e delle esercitazioni

L'esame consiste nello svolgimento dei progetti durante l'anno e in una prova orale alla quale si è ammessi se risulta positivo il giudizio sui progetti stessi. Gli studenti che nel corso delle esercitazioni non hanno raggiunto un numero minimo di presenze debbono svolgere una prova scritta per essere ammessi a quella orale.

Propedeuticità consigliate: Scienza delle costruzioni

Tesi di laurea

Gli argomenti delle tesi di laurea hanno come carattere fondamentale il progetto delle strutture. Le tesi di laurea possono essere coordinate con altri insegnamenti interessati ai problemi della progettazione strutturale

TECNICA DELLE COSTRUZIONI

BO, cds: R

Docente: **Raffaele Poluzzi,** prof. ass.

Finalita dell'Insegnamento:

Mettere gli allievi in grado di affrontare il progetto delle più ricorrenti strutture.

Programma

L'Insegnamento, riguardante la teoria e la tecnica delle strutture, si articoh nelle seguenti parti: Azioni sulle costruzioni - Costruzioni di calcestruzzo armato e di acciaio (tecnologia e verifiche di sicurezza) - Fondamenti del progetto delle strutture - Sistemi di travi - Statica delle funi - Strutture di fondazione - Paratie - La precompressione delle strutture (cenni) - Tubazioni - Gallerie - Valutazioni applicative relative alla stabilità dell'equilibrio (cenni).

Le *esercitazioni* riguardano le applicazioni pratiche relative a ricorrenti tipi di strutture, con estesa illustrazione delle norme per le costruzioni di calcestruzzo armato, di acciaio e precompresse.

Gli studenti vengono assistiti per lo sviluppo di un progetto riguardante una struttura di calcestruzzo armato.

Testi consigliati:

Dispense redatte dai Docenti dell'Istituto:

O. Belluzzi, *Scienza delle costruzioni*, ed. Zanichelli, Bologna; vol. II (Strutture a molte iperstatiche, Travi nello spazio, Cemento armato, collegamenti); vol. III (Lastre piane, Lastre curve di rivoluzione).

E. Giangreco, *Teoria e tecnica delle costruzioni*, ed. Liguori, Napoli, 1971; vol. I (Strutture in c.a.p., Questioni pratiche); vol. II (Sistemi di travi).

A. Migliacci, *Progetti di strutture*, Tamburini, Milano, 1968.

P. Pozzati, *Teoria e tecnica delle strutture*, ed. UTET, Torino, vol. I (Fondamenti, marzo 1972); vol. II parte I (Sistemi di travi: L'interpretazione elastica, febbraio 1977); vol. II parte 2, in coll. con C. Ceccoli (Sistemi di travi: applicazioni pratiche, febbraio 1977); vol. II parte 2, in coll. con C. Ceccoli (Sistemi di travi: interpretazione del collasso, settembre 1987).

V. Zignoli, *Costruzioni edili (metalliche)*, ed. UTET, Torino, 1974.

L'esame consiste in una prova orale.
Propedeuticità consigliate: Scienza delle costruzioni.

Tesi di laurea: Progetti di strutture. Coordinamento con tutti gli Istituti interessati a problemi strutturali.

TECNICA DELLE COSTRUZIONI II

BO, cds: D, C

Docente: **Marco Savoia** prof. straord.

1. *Strutture di controventamento degli edifici*

Generalità. Ripartizione delle azioni tra più elementi di irrigidimento. Strutture di controven-

to. Pareti con aperture. Modalità di crisi delle pareti di controvento soggette ad azioni orizzontali. Dettagli costruttivi. Sistemi spaziali di controvento.

2. *Lastre caricate nel piano*

Relazioni generali della teoria dell'elasticità. Stati piani di tensione e deformazione. Formulazione mediante funzioni di Airy (equazioni di campo ed al contorno). Esempi di risoluzione. Travi parete in c.a.: Generalità; pareti in stadio non fessurato, fessurato e comportamento a collasso; travi parete a più campi; criteri di dimensionamento; carichi appesi; dettagli costruttivi.

3. *Lastre cilindriche*

Generalità. Esempi di lastre cilindriche e tipologie strutturali. Criteri di calcolo a volta-trave. Tegoli prefabbricati di copertura. Dettagli costruttivi. Le membrane cilindriche a direttrice poligonale. Teoria dei gusci cilindrici: Comportamento membranale e flessionale. Serbatoi esempi di calcolo delle sollecitazioni. Prescrizioni costruttive e particolari costruttivi. Tubi con appoggio continuo e appoggio su selle.

4. *Duttilità delle strutture in c.a.*

Formule di verifica di sezioni pressoinflesse agli stati limite ultimi. Diagrammi momento-curvatura. Duttilità delle sezioni inflesse. Cerniera plastica e rotazione plastica ammissibile per elementi inflessi in c.a. Esempi.

5. *Stati limite di servizio per travi in c.a.*

Evoluzione del quadro fessurativo per elementi tesi in c.a. Diagramma momento-curvatura in fase fessurata. Calcolo apertura di fessura e frecce in fase fessurata. Formule approssimate e prescrizioni normative. Deformazioni differite nel calcestruzzo (ritiro e viscosità). Teoria della viscoelasticità lineare. Funzioni di viscosità e di rilassamento. Il fenomeno dell'invecchiamento, modelli CEB ed ACI, normativa italiana. Metodi algebrizzati (metodi EM, MS, AAEM). Modelli reologici. Problemi strutturali sensibili alle deformazioni differite. Principi della viscoelasticità lineare. Esempi numerici.

6. *Analisi a collasso delle strutture*

Definizione di cerniera plastica e massima rotazione in fase plastica in elementi in acciaio ed in c.a. Analisi limite di strutture intelaiate. Teoremi dell'analisi limite. Metodo della delimitazione bilaterale di Greenberg-Prager. Analisi incrementale al passo per strutture in acciaio. Redistribuzione dei momenti. Influenza dello sforzo normale. Modellazione strut-and-tie per corpi tozzi in c.a.: Zone B e D (diffusione), criteri di progetto per le zone di diffusione dei carichi, tralicci resistenti, zone nodali, fattori di efficienza per puntoni in c.a.. Esempi.

7. *Instabilità delle strutture*

Generalità. Matrice di rigidezza geometrica per strutture piane. Instabilità in regime elasto-plastico di strutture in acciaio. Il concetto di asta reale e di imperfezione equivalente.

8. *Instabilità di pilastri in c.a.*

Il metodo della colonna modello. Il metodo dello stato di equilibrio. Diagrammi di interazione M-N in presenza di effetti del II ordine. Esempi di applicazione alle strutture prefabbricate. Plinti a pozzetto per pilastri prefabbricati: criteri di dimensionamento e prescrizioni costruttive.

9. *Metodi computazionali per il calcolo delle strutture*

Metodi variazionali e applicazione alla teoria delle strutture. Principi energetici. Teorie strut-

turali (teoria di Eulero-Bernoulli, teoria di Timoshenko, teoria di Kirchhoff). Metodi numerici di approssimazione (serie di Fourier, metodo di Ritz). Il metodo degli elementi finiti. Elementi finiti tipo *truss*, tipo *beam*, elementi finiti per problemi piani di elasticità (CST, LST, lagrangiani, etc.). Elementi finiti per lastre inflesse e gusci assialsimmetrici. Elementi finiti in problemi di dinamica; Analisi modale ed integrazione nel tempo. Algoritmi di calcolo per problemi non lineari (rigidezza secante, Newton-Raphson, etc). Programmazione in ambiente MATLAB (Esercitazioni).

10. *Rinforzo mediante placcaggio di elementi in c.a.*

Tecniche di rinforzo di elementi in c.a. con acciaio o lamine in composito (placcaggio di travi come rinforzo a flessione o a taglio, fasciatura di pilastri). Esempi di applicazione. Modalità di crisi, il problema della lunghezza di ancoraggio. Criteri di dimensionamento.

Bibliografia essenziale:

Dispensa del corso.
P. Pozzati e C. Ceccoli, *Teoria e Tecnica delle strutture*, ed. UTET, Torino, vol. II (1977).
O. Belluzzi, *Scienza delle costruzioni*, ed. Zanichelli, Bologna, voll. II e III.
F. Leonhardt, *c.a. & c.a.p.: calcolo di progetto & tecniche costruttive.* Edizioni Tecniche, Milano, voll. I-III, 1977.
A. Migliacci, *Progetto agli stati limite delle strutture in c.a.*, Masson Italia Ed., Milano, 1977.
A. Migliacci, *Progetti di strutture*, Tamburini, Milano, 1968.
E. Cosenza e C. Greco, *Il calcolo delle deformazioni nelle strutture in cemento armato.* CUEN, Napoli, 1996.

TECNICA DELLE MICROONDE LA **BO, cds: T,L**

Docente: **Alessandra Costanzo** prof. ass.

Finalità dell'insegnamento:

Il corso si propone di fornire gli strumenti necessari per l'analisi ed il progetto dei componenti distribuiti per i circuiti a microonde.

Programma dell'Insegnamento:

I componenti dei circuiti a microonde e relativi modelli circuitali

1. Il concetto di circuito a costanti dispribuite
- Modelli circuitali dei componenti dei circuiti a microonde in tecnologia planare
- Metodi statici per la determinazione dei modelli circuitali
- Modelli per alte frequenze

2. Componenti complessi dei circuiti a microonde
- I filtri e le loro applicazioni nei circuiti a radiofrequenza: progetto di filtri passivi a radiofrequenza in tecnologia planare. Studio di alcune realizzazioni avanzate
- Gli accoppiatori direzionali e le loro applicazioni: metodi di analisi e progetto basati sulla simmetria della struttura
- Divisori/combinatori
- I risuonatori a microonde: definizione della qualità di un risuonatore
  – Cavità risonanti di forma qualsiaisi

- Risuonatori in struttura planare
- Risuonatori dielettrici

3. La simulazione elettromagnetica (rigorosa) dei circuiti a microonde

Progetto realistico di alcuni componenti mediante l'uso di CAD e di simulatori elettromagnetici.

Bibliografia

Propagazione elettromagnetica guidata Ed. ESCULAPIO Autori: V. RIZZOLI, A. LIPPARINI.
Foundation for microwave engeneering. Ed. Mc Graw Hill Autore R. COLLIN.
Microwave circuit design using linear and nonlinear techniques; GEORGE D. VENDELIN, ANTHONY M. PAVIO, ULRICH R. RHODE; Wiley.
Nonlinear microwave circuits; STEPHEN A. MAAS; Artech House.

Esame: consiste in una prova orale.

TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI **BO, cds: C, G, M, R**

Docente: **Marino Lupi** prof. ord.

Scopo e contenuto del corso: il corso di Tecnica ed Economia dei Trasporti è un corso introduttivo e di base. Il corso ha come scopo, principale, quello di dare le conoscenze di base: di Ingegneria dei Sistemi di Trasporto, in particolare sulla domanda di trasporto; di Meccanica della Locomozione dei veicoli stradali e ferroviari; sulle caratteristiche funzionali fondamentali, e sui principali problemi di progetto, dei sistemi di trasporto terrestre: collettivo, su ferro e su gomma, e individuale stradale.

LEZIONI

Introduzione al corso di Tecnica ed Economia dei Trasporti: scopo e oggetto del corso.

Parte prima: I SISTEMI DI TRASPORTO

Definizione di sistema di trasporto. Il sottosistema della domanda e il sottosistema dell'offerta. Intereazione fra il sistema di trasporto e il sistema socioeconomico del territorio. Definizione di grafo e metodi di rappresentazione. Alcune caratteristiche dei grafi. Definizione di rete di trasporto: costi degli archi e costi dei percorsi. Schematizzazione del sistema dell'offerta di trasporto come rete di trasporto: rappresentazione delle intersezioni semaforizzate, i comparti ambientali, la classificazione delle strade urbane, la schematizzazione delle fermate del sistema di trasporto pubblico.

Parte seconda: LA DOMANDA DI TRASPORTO

Generalità sulla domanda di trasporto.

Caratterizzazioni della domanda di trasporto: soggetti che si spostano, motivo dello spostamento, tempo dello spostamento, origine e destinazione dello spostamento, modo di trasporto utilizzato, itinerario utilizzato. Metodi di determinazione della domanda di trasporto.

Modelli di domanda.

Classificazione dei modelli di domanda: modelli descrittivi e comportamentali; modelli aggregati e disaggregati. Fasi di messa a punto di un modello di domanda: specificazione, calibrazione, corroborazione. Esempi di modelli descrittivi: i macromodelli di domanda e i modelli gravitazionali. Elasticità della funzione di domanda. Modelli comportamentali: ipotesi fondamentali dei modelli di utilità aleatoria. La variabile aleatoria di Weibul-Gumbel. Il modello logit. Osservazioni sulla specificazione di un modello logit. Difetti del modello logit.

Domanda di trasporto in area urbana.

Il sistema di modelli a 4 stadi. Il modello di generazione degli spostamenti. Il modello di distribuzione degli spostamenti. Il modello di scelta modale. Il modello di scelta dell'itinerario. Assegnazione a costi costanti rispetto ai flussi. Assegnazione tutto o niente: l'algoritmo di Dijkstra e l'algoritmo di L-deque. Assegnazione stocastica di tipo logit: l'algoritmo di Dial. Assegnazione stocastica di tipo probit: procedimento di simulazione.

Calcolo della domanda di trasporto.

Stima diretta della domanda di trasporto. La stima campionaria della domanda: proprietà degli estimatori, stime per intervallo, campione stratificato. Calibrazione di un modello di utilità aleatoria: metodo della massima verosimiglianza. Verifica di un modello di utilità aleatoria: test di ipotesi sui parametri del modello, statistica rho-quadro. Il modello di regressione lineare per la stima dei parametri di un modello di domanda. Stima del vettore dei parametri del modello: l'estimatore dei minimi quadrati. Verifica di un modello di regressione lineare: il coefficiente di determinazione , il test "t di Student" sui singoli parametri del modello. Stima puntuale e per intervallo della domanda futura.

Parte terza: ELEMENTI DI MECCANICA DELLA LOCOMOZIONE DEI VEICOLI FERROVIARI E STRADALI

Ruota ferroviaria e pneumatico stradale. Resistenze al moto. Resistenze al rotolamento: caso stradale, caso ferroviario; formule pratiche per il calcolo. Resistenza dell'aria: formula per il calcolo, coefficienti di forma. Formule globali pratiche per il calcolo delle resistenze ordinarie nel caso ferroviario. Resistenza dovuta alla pendenza. Resistenza dovuta alle curve. Gradi di prestazione di una linea ferroviaria. Equazione generale del moto: massa equivalente. Il fenomeno dell'aderenza: ruota motrice, ruota portante, ruota frenata. Variazione del coefficiente di aderenza con lo scorrimento: caso ferroviario; caso stradale: superficie asciutta, superficie scivolosa. Valori pratici dell'aderenza nel caso ferroviario e in quello stradale. Moto in curva dei veicoli stradali e ferroviari: aderenza trasversale e svio; relazione fra velocità, raggio della curva circolare e pendenza trasversale. Formula di Pochet per la condizione di svio. Spazio di frenatura e di arresto nel caso stradale e in quello ferroviario. Peso frenato di un veicolo ferroviario. Caratteristica meccanica di trazione ideale. Curve caratteristiche di trazione di veicoli ferroviari. Trasmissione meccanica in un veicolo con motore a combustione interna: rapporti al cambio. Curve caratteristiche di trazione di veicoli equipaggiati con motore endotermico. Integrazione dell'equazione generale del moto: diagramma di trazione. Fasi del moto: avviamento, regime, lancio, frenatura. Forme del diagramma di trazione: caso triangolare, caso trapezio, caso con fase di lancio.

Parte quarta: IL SISTEMA DI TRASPORTO COLLETTIVO

Classificazione dei diversi sistemi di trasporto collettivo urbano: autobus, filobus, tram, ferrovia metropolitana. Sistema di trasporto collettivo con marcia strumentale. Sistemi di controllo della circolazione per una linea ferroviaria: il blocco automatico; il blocco automatico a correnti

Università di Bologna
BIBLIOTECA INGEGNERIA
BOLOGNA

codificate delle Ferrovie dello Stato; il blocco mobile. Distanziamento minimo e capacità di una linea ferroviaria omotachica. Sistema di trasporto collettivo con marcia a vista: tempo al giro, numero di autobus necessario per eseguire un dato servizio.

Parte quinta: IL SISTEMA DI TRASPORTO INDIVIDUALE STRADALE

Condizioni di flusso ininterrotto e condizioni di flusso interrotto. Relazioni fra le variabili macroscopiche di una corrente veicolare in moto ininterrotto; modelli di: Greenshields, Greenberg, Underwood, North-Western University. Evoluzione delle curve di deflusso per le autostrade nelle varie edizioni del Manuale della Capacità (HCM). Volume e portata nella circolazione stradale: il fattore dell'ora di punta. Definizione di capacità, livello di servizio, portata di servizio secondo l'HCM. Determinazione del livello di servizio delle autostrade secondo l'HCM.

Parte sesta: L'ANALISI COSTI-BENEFICI PER LA SCELTA FRA PROGETTI ALTERNATIVI

Il problema della scelta fra le alternative progettuali. Fasi della valutazione: definizione degli obbiettivi, individuazione delle alternative, misura degli impatti, scelta della alternativa migliore. L'analisi Costi-Benefici. Il calcolo dei costi e dei benefici. Il "Surplus" degli utenti. Gli indicatori dell'analisi Costi-Benefici: il valore attuale netto (VAN) e il saggio di rendimento interno (SRI).

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono: in esempi ed applicazioni degli argomenti in programma e nella redazione di un progetto di un servizio di trasporto collettivo. A questo ultimo fine gli studenti sono riuniti in gruppi, composti di non più di quattro allievi: ciascun gruppo deve preparare un elaborato che è sottoposto alle revisioni di un tutore. La guida metodologica per la redazione del progetto è costituita da spiegazioni effettuate in aula e dalle discussioni e verifiche, delle soluzioni progettuali proposte, effettuate dai tutori.

LEZIONI DI SPIEGAZIONE DEL PROGETTO TENUTE IN AULA (Queste lezioni sono tenute dall'ing. Federico Rupi)

Zonizzazione ed estrazione del grafo. Determinazione della matrice origine-destinazione. Algoritmo di assegnazione utilizzato per il progetto. Resistenze al moto e forza propulsiva nel caso di un autobus urbano. Definizione di velocità media, commerciale e di esercizio: dimensionamento del servizio di trasporto collettivo e orario grafico. Analisi economica di una azienda di trasporto collettivo: calcolo dei costi e dei ricavi per la linea assegnata.

Testi consigliati:

CANTARELLA G. E. (a cura di), *Introduzione alla Tecnica dei Trasporti e del Traffico con elementi di Economia dei Trasporti.* UTET, Torino.

LUPI M., *La Domanda di Trasporto (appunti dalle lezioni di Tecnica ed Economia dei Trasporti).* DISTART - Trasporti, Bologna.

MICUCCI A. e BOTTAZZI A., *Guida alla Progettazione di un Servizio di Trasporto Pubblico Urbano in una Città di Medie Dimensioni.* Pitagora Editrice Bologna.

ORLANDI A., *Meccanica dei Trasporti.* Pitagora Editrice Bologna.

ESAME: orale con discussione del progetto elaborato dagli allievi

TECNICA URBANISTICA **BO, cds: D**
Docente: **Alberto Corlaita** prof. ord.

L'Insegnamento è articolati in due moduli, di pari importanza, che contribuiscono a formare la valutazione finale in sede d'esame: le lezioni teoriche e le esercitazioni applicative.

Lezioni

Le lezioni sono strutturate in quattro gruppi e trattano delle tematiche fondamentali della disciplina. Urbanistica, dalla scala della città a quella del territorio; hanno la finalità di mettere lo studente in grado di conoscere le origini e le evoluzioni, fino ai più recenti sviluppi, delle tecniche necessarie per analizzare, valutare, pianificare e progettare gli interventi sulla città e sul territorio.

Gli strumenti per il governo del territorio

Vengono introdotti gli elementi fondativi e formativi che hannocon figurato la disciplina dell'urbanistica moderna, con un riferimento particolare all'uso dello zoning, diffusosi con il Razionalismo, ed alle attuali proposte per un suo superamento. Viene quindi trattato il Piano Regolatore Generale, nella sua evoluzione più recente di forma, contenuti e modalità di redazione ed attuazione.

La legislazione urbanistica

Vengono esaminate in sequenza temporale le principali leggi urbanistiche vigenti in Italia, al fine di evidenziarne il processo evolutivo ed i problemi irrisolti, tra cui quello del regime dei suoi e dell'esproprio, in parallelo anche con la strumentazione e le politiche urbanistiche dei principali Paesi della Comunità Europea. Vengono fornite nozioni elementari di Economia e di Econometria urbana, con particolare riferimento agli standard urbanistici ed agli oneri di urbanizzazione.

Elementi di analisi e progettazione della città e del territorio

Tratta dei problemi connessi alla "forma" urbana, come mezzo di conoscenza e comprensione dell'evoluzione delle aree urbane e metropolitane ai fini di una loro corretta pianificazione e tutela. L'evoluzione della attenzione "centri storici" viene esaminata come acquisizione dei concetti di "salvaguardia" e "recupero" funzionale e formale delle testimonianze storico-artistiche alla scala della città. Il superamento della dimensione urbana tende a mettere in luce il fondamentale ruolo attuale di regioni e provincie nella programmazione, pianificazione e governo del territorio.

Paesaggio e ambiente: attuali obiettivi per l'urbanistica

Vengono trattate le problematiche relative al controllo e alla pianificazione dell'ambiente complessivo dell'uomo, con particolare attenzione alla componente Paesaggio nonché agli strumenti esistenti per la sua tutela e pianificazione. La procedura di Valutazione d'Impatto Ambientale con le sue metodologie e tecniche specifiche, vengono analizzate in ordine alla loro applicabilità alla scala territoriale ed urbana. Vengono esposti i fondamenti della pianificazione ambientale o "ecologica", le metodologie e le tecniche specifiche, con l'ausilio di alcuni casi applicativi alla scala territoriale e urbana.

Esercitazioni

Scopo delle esercitazioni pratiche è quello di iniziare lo studente all'applicazione delle tecni-

che più elementari di analisi, interpretazione e progettazione alla scala urbanistica (di quartiere o di settore urbano).

Esame: scritto e orale.

Bibliografia consigliata

ABRAMI G., *Progettazione ambientale: una introduzione*, CLUP, Milano, 1987.
BENEVOLO L., *Storia dell'architettura moderna*, Laterza, Bari, 1971 (Capp. III-XI-XV e Conclusione).
BETTINI V., *Elementi di analisi ambientale per urbanisti*, CLUP-CLUED, Milano, 1986.
CULLEN G., *Il paesaggio urbano - morfologia e progettazione*, Calderini, Bologna, 1976.
ERBA V., *Il piano urbanistico comunale*, Ed. delle Autonomie, Roma, 1993.
MONTI C., *Elementi di urbanistica* (Nuova ed.), Ed. CLUEB, Bologna, 1994.
MORBELLI G., *Un'introduzione all'urbanistica*, F. Angeli, Milano, 1986 (Capp. 1-2-7).
RONZANI G., *L'insediamento urbano - i costi e gli oneri*, Maggioli, Rimini, 1984.
RONZANI G., *Valutazione ambientale e piani urbanistici*, CLUEB, Bologna, 1992.

TECNICA URBANISTICA II **BO, cds: R, D, G**

Docente: **Giovanni Crocioni** prof. ass.

OBIETTIVI E CONTENUTI GENERALI

Il Corso ha l'obiettivo di fornire elementi fondamentali di consapevolezza sui problemi attuali della pianificazione territoriale e urbanistica.

Il Corso punta, per questo motivo, a garantire in termini di primo inquadramento, sia una padronanza complessiva dei problemi della città e del territorio, a livello culturale e conoscitivo, che un adeguato controllo delle tecniche strumentali ed operative, fornendo, sia pure in sintesi, un primo quadro completo della problematica disciplinare.

Parte Prima

I. I PROBLEMI ATTUALI DELLA CITTÀ E DEL TERRITORIO

1 - Cenni introduttivi.
Necessità di collocare la problematica urbanistica all'interno di processi storici determinati.

2 - Inquadramento storico.
2.1 - Il mondo antico e la città.
2.2 - La città nell'Europa del medioevo e la rivoluzione industriale.
2.3 - Il caso italiano. La città e il territorio dallo Stato Unitario al secondo dopoguerra.

3 - Il rapporto città-campagna nell'Italia del dopoguerra.
3.1 - I dati di fondo e le fasi strutturali del rapporto città-campagna negli ultimi cinquant'anni.
3.2 - La città e il territorio nella trasformazione economica del paese.
3.3 - Il rapporto nord-sud; gli squilibri territoriali; le tre Italie.

3.4 – L'urbanesimo, la diffusione insediativa e le tendenze recenti.
3.5 – La casa e il settore delle costruzioni nel ciclo economico complessivo.
3.6 – La rendita fondiaria, il mercato dei suoli ed il mercato immobiliare.
3.7 – L'interpretazione dei processi territoriali: dai modelli dualistici alla complessità delle tendenze in atto.
3.8 – Il caso emiliano.L'uso del territorio nelle regioni ad economia periferica.

La prima parte "I problemi attuali della città e del territorio" ha il compito di mettere a fuoco in sintesi i processi territoriali, sotto il profilo di una analisi dei modi, delle linee di tendenza e dei nessi strutturali di tali processi.

Il rapporto città-campagna nell'Italia del dopoguerra viene riguardato come una chiave interpretativa da cui far discendere le necessarie valutazioni di ordine culturale, disciplinare e tecnico, relative alla pianificazione territoriale e urbanistica.

Questa parte caratterizza l'intero Corso, chiarendo, in definitiva, l'insieme dei presupposti e delle premesse concettuali del processo di pianificazione se nello stesso tempo i problemi di merito sui quali occorre operare concretamente, anche nella pratica professionale.

Parte Seconda

III. L'URBANISTICA COME PIANIFICAZIONE

1 – Introduzione ai temi fondamentali della politica di piano.
1.1 – Alcune definizioni del concetto di pianificazione.
1.2 – Cenni di esperienze di rilievo condotte in questo secolo in materia di pianificazione.

2 – La politica di piano nell'esperienza italiana.

2.1 – L'assetto istituzionale ed il quadro delle competenze in materia di pianificazione e programmazione. Dallo stato centrale, alle regioni, alle autonomie locali. L'ipotesi federalista.
2.2 – La legislazione urbanistica e la legislazione per la casa. Una lettura dei principali provvedimenti legislativi in questo dopoguerra e della loro evoluzione: dalla legge 1150 del 1942 alla legge 142 del 1990, fino ai provvedimenti più recenti. Le legislazioni urbanistiche regionali.
2.3 – I livelli di pianificazione.
2.4 – Il livello nazionale:
2.4.1 – L'esperienza italiana nel dopoguerra. La riforma agraria e l'intervento straordinario nel Mezzogiorno. La filosofia della programmazione nella esperienza del Centro-Sinistra. La politica di piano a livello nazionale degli anni '80 e '90. Le attuali incertezze sulle politiche per la città.
2.4.2 – L'evoluzione del dibattito culturale e tecnico dal 1960 ad oggi, relativamente alla politica di programmazione ed alla politica del territorio a livello nazionale.
2.5 – Il livello regionale:
2.5.1 – L'esperienza pre-regionalista. L'esperienza delle regioni nelle prime cinque legislature 1970-1995. Le tendenze attuali. La programmazione regionale e la pianificazione territoriale in Emilia Romagna ed in altre regioni italiane. Il Piano Territoriale Regionale e il Piano Paesistico Regionale.
2.5.2 – Gli strumenti e le tecniche della programmazione economica e della pianificazione territoriale di livello regionale nelle esperienze reali. L'analisi delle risorse, l'uso degli strumenti statistici, i criteri di elaborazione degli obiettivi. La pianificazione strategica.
2.6 – Il livello dell'ente intermedio:

2.6.1 – Il dibattito urbanistico sul ruolo dell'ente intermedio. L'esperienza dei Comprensori in Emilia Romagna ed in altre regioni del decennio 1960-1970. Il ruolo attuale della Provincia, a partire dalla Legge 142/90.

2.6.2 – La problematica tecnica del piano di area vasta. Piano territoriale e piano socio-economico. Le compatibilità ambientali nella dimensione territoriale. Natura e contenuti del piano territoriale. Gli strumenti di analisi e di intervento. Una verifica di alcune esperienze in atto. Il Piano come processo, e la pianificazione strategica.

2.7 – L'urbanistica di livello comunale:

2.7.1 – Ruolo e spazio dell'urbanistica comunale nell'attuale fase e nelle esperienze degli anni '60 e '70. Limiti ed efficacia del Piano Regolatore Generale e degli strumenti propri dell'urbanistica comunale. Il P.R.G. come strumento centrale del processo di pianificazione urbanistica. I programmi urbani complessi degli anni '90.

2.7.2 – Come si costruisce un P.R.G.: le scelte di assetto, l'utilizzo dell'economia urbana, i fabbisogni ed il dimensionamento, la normativa, lo zooning, gli standards urbanistici, gli indici ed i parametri. Gli strumenti di gestione: procedure, convenzioni, oneri di urbanizza zione. La costruzione dei Programmi complessi, la concertazione e la negoziazione, i rapporti con il mercato, la razionalizzazione delle risorse pubbliche.

La seconda parte "L'urbanistica come pianificazione" ha il compito di inquadrare correttamente la politica del territorio all'interno della situazione italiana. L'urbanistica viene vista prima di tutto come pianificazione, cioè come strategia e pratica di governo territoriale. In tal senso un ruolo centrale assumono, evidentemente, i problemi delle competenze istituzionali, dei livelli di pianificazione e della legislazione urbanistica, in sintesi della capacità di governo del territorio nella società "complessa" degli anni '80 e '90.

ESERCITAZIONI

I contenuti delle lezioni vengono integrati dalle esercitazioni pratiche, tenute in gruppo, sotto il controllo e con l'aiuto di un Assistente, sui temi di ricerca ricondotti al presente programma.

Compito delle esercitazioni è, evidentemente, quello di garantire un minimo di padronanza tecnica effettiva, attraverso lo svolgimento di una serie di operazioni di ricerca, analisi e proposta di pianificazione, su un campo reale e con interlocutori esterni.

La partecipazione alle esercitazioni è obbligatoria, ed i risultati saranno materia d'esame.

Testi essenziali

G. Crocioni, *Il Piano utile. Un'urbanistica del mercato ragionevole ed efficace*, Gangemi Editore, 1997.

G. Crocioni, M. Tarozzi, *Urbanistica e cooperazione a Bologna 1889-1985. Cento anni di vite parallele*, Gangemi Editore, 1999.

MODALITÀ DELL'ESAME

L'esame si svolge sui temi affrontati nell'ambito complessivo del Corso, con particolare riferimento alla legislazione urbanistica ed alle tematiche affrontate nelle esercitazioni.

Per quanto riguarda gli argomenti trattati nelle lezioni l'esame farà riferimento alla bibliografia specifica del Corso.

TECNICHE DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE L — BO, cds: R

Docente: **Gianni Luigi Bragadin** prof. ord.

Obbiettivi formativi principali:

1) Fornire le conoscenze disciplinari di base per la conduzione e la gestione degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto.

2) Fornire le conoscenze disciplinari necessarie al controllo di qualità ed al risanamento dei corpi idrici secondo le norme vigenti (D.leg.vo 152/99 e succ.)

3) Fornire criteri di dimensionamento e gestione per impianti e sistemi naturali di trattamento reflui

Figure professionali interessate:

1) Gestori di impianti trattamento acque reflue

2) Responsabili di servizi tecnici pubblici preposti al controllo e risanamento sanitario dei corpi idrici

Responsabili tecnici di società di servizi operanti nel trattamento delle acque

PROGRAMMA

Premessa: Ingegneria Sanitaria Ambientale: Igiene e Tecnica

Cicli e bilancio di acque naturale e reflue. Legislazione e tecnica. Approvvigionamento industriale e domestico. Portate e caratteristiche di qualità di acque di rifiuto industriali e domestiche. Trattabilità in relazione agli usi. Piani di Bacino e risanamento sanitario ambientale dei corpi idrici. Bilanci di massa ed energia nei processi di trattamento. Tecniche di trattamento mediante biomasse sospese. Tecniche di trattamento mediante biomasse adese. Criteri di dimensionamento per impianti di trattamento acque di scarico urbane. Criteri di gestione. Trattamento e smaltimento dei fanghi di risulta. Tecniche di rimozione biologica di azoto e fosforo. Tecniche di disinfezione delle acque di scarico. Sistemi naturali di trattamento o finissaggio reflui. Costi di realizzazione e gestione. Criteri per il rilascio di reflui e controllo della qualità delle acque in fiumi, laghi, acque di transizione e costiere.

Modalità di svolgimento della didattica

L'insegnamento prevede escursioni e visite didattiche presso impianti di trattamento e zone oggetto di bonifica o rinaturalizzazione.

Alle ore di teoria sono associate ore di esercitazione ed ore di assistenza personale all'analisi di impianti di trattamento acque a scala reale.

Durante il corso lo studente redige un proprio elaborato personale di verifica di un impianto o di un sistema naturale di trattamento.

TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA — BO, cds: D

Docente: **Franco Sandrolini** prof. ord.

Il corso si propone di fornire agli ingegneri edili uno strumento razionale ed unitario per l'impiego corretto dei materiali nelle costruzioni, per la previsione delle condizioni di degrado in servizio, per la protezione dei materiali dal degrado e dal fuoco e per la valutazione della sicurezza nell'impiego.

Programma

Tipologia e caratteristiche dei materiali per l'edilizia e l'architettura: materiali strutturali e materiali funzionali. Classificazione e sviluppo storico e tecnologico dei materiali da costruzione.

Richiami sulle proprietà fisico-meccaniche dei materiali (resistenza caratteristica e microstruttura, processi di deformazione elastica, anelastica e plastica, processi di frattura) e sulle proprietà termiche ed elettriche. Metodi di prova, Norme Tecniche Min. LL. PP. e normative prestazionali.

Materiali metallici. Ghise ed acciai. Acciai da costruzione e speciali. Trattamenti termici e saldatura. Saldabilità. Leghe non ferrose per l'edilizia. Impieghi e normativa.

I leganti per l'edilizia e l'architettura: gesso, calci, cementi. Malte ordinarie e speciali, normativa. Calcestruzzi e conglomerati cementizi normali e speciali. Componenti, tecnologia, proprietà allo stato fresco ed indurito. Calcestruzzo preconfezionato a resistenza, controllo di qualità e criteri di posa in opera. Normativa sui cementi, sugli aggregati, sui calcestruzzi. Capitolati di fornitura.

Materiali ceramici e vetri per l'edilizia. Tecnologia, caratteristiche, prestazioni e normativa.

Materie plastiche, resine e materiali compositi impiegati nelle costruzioni (impermeabilizzanti, isolanti termici ed acustici, sigillanti, adesivi, rinforzi, etc.). Vernici e pitture. Caratteristiche e normativa. Cenni al legno ed ai derivati.

Acque, suolo ed ambiente. Degrado e corrosione dei materiali da costruzione in servizio. Classi di esposizione ambientale materiali da costruzione e progettazione. Protezione e compatibilità (fisica e chimica) tra i materiali. Normativa e legislazione.

Sicurezza nell'impiego dei materiali. Resistenza al fuoco. Criteri di scelta dei materiali per l'edilizia. Cenni alle problematiche del riciclo dei materiali da costruzione e alla ecocompatibilità.

Esercitazioni e laboratorio: applicazioni numeriche in aula; prove sui materiali in laboratorio (coordinate anche con altri insegnamenti per gruppi a numero limitato di studenti) e seminari coordinati all'interno del laboratorio progettuale di Tecnologie per l'edilizia (N. O.).

Esame: prova orale, preceduta dallo svolgimento di un elaborato tecnico a finalità applicativa assegnato dal docente, la cui valutazione concorre alla valutazione finale orale. Fogli ufficiali per le liste vengono affissi all'albo del Dipartimento di Chimica applicata e Scienza dei materiali il giorno precedente a quello degli appelli.

Testi consigliati:

M. Illston (ed.) *Construction materials*. E & F Spoon, London 1994.
N. Jackson (ed.) *Civil engineering materials*". MacMillan Press, London 1983.
G. Rinaldi *Materiali e chimica applicata*. Siderea, Roma 1996.
V. Alunno Rossetti *Il Calcestruzzo. Materiali e tecnologie*. McGraw-Hill Libri Italia s. r. l., Milano 1995.
Norme Tecniche emanate dal Min. LL. PP. sui materiali da costruzione (D. M. 09.01.96, D. M. 20.11.87, Circ. 24.05.82, n. 2263; altre vengono segnalate a lezione).

Propedeuticità consigliate: Scienza delle Costruzioni. Elettrotecnica. Fisica tecnica.

Argomenti per tesi di laurea: su tutti gli argomenti del corso con finalità applicative, con particolare riguardo ai settori della tecnologia, controllo di qualità e durabilità del calcestruzzo preconfezionato a resistenza; alle applicazioni dei materiali e delle tecnologie costruttive; ai materiali compositi da costruzione; ai processi di degrado e le implicazioni sulla progettazione, con preferenza per casi concreti e reali. Gli argomenti di ogni tesi vengono definiti mediante colloquio col docente e coordinati anche con altri docenti del CdL.

TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA L — BO, cds: C

Docente: **Paolo Colombo** prof. ass.

Scienza dei Materiali: Costituzione e struttura dei vari tipi di materiali, e relazioni con le loro proprietà. Proprietà meccaniche: deformazione elastica e plastica, processi di frattura. Metodi di prova e normativa.

Materiali Metallici: Leghe ferro-carbonio. Acciai di base e di qualità. Acciai per carpenteria metallica, acciai per armature. Trattamenti termici. Corrosione e protezione delle strutture metalliche. Normativa.

Materiali Leganti: Leganti aerei, leganti idraulici. Cemento Portland: idratazione presa ed indurimento. Microstruttura della pasta di cemento indurita, porosità, resistenza meccanica, stabilità dimensionale. Cementi di miscela. Normativa. Calcestruzzo: generalità, mix-design. Aggregati: proprietà e normativa. Proprietà del calcestruzzo fresco ed indurito. Additivi per calcestruzzo. Degrado e durabilità delle opere in calcestruzzo. Normativa europea.

Materiali Polimerici: Materiali termoplastici e termoindurenti e loro proprietà. Impieghi in edilizia.

Materiali Ceramici e Vetri: prodotti tradizionali per uso edilizio. Caratteristiche, prestazioni e normativa.

Testo consigliato:

Dispense delle lezioni (a disposizione presso la Biblioteca di Ingegneria)

L. BERTOLINI e P. PEDEFERRI, *Tecnologia dei Materiali: Leganti e Calcestruzzo*. Nuova edizione. Città Studi Edizioni (UTET), Torino, 2000.

Testi per consultazione:

AA.VV. (a cura di AIMAT), *Manuale dei Materiali per l'Ingegneria*, MacGraw-Hill Libri Italia s.r.l., Milano, 1996.

L. BURLAMACCHI, *Capire il calcestruzzo*. Hoepli, Milano, 1994

Modalità di svolgimento dell'esame: prova scritta.

TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA L — CE, cds: dud

Docente: **Maria Chiara Bignozzi** ric.

Programma

Tipologia dei materiali per l'edilizia: materiali strutturali e materiali funzionali.

Materiali metallici. Ghise ed acciai. Acciai da costruzione e speciali. Trattamenti termici. Saldabilità. Lehe non ferrose per l'edilizia. Impieghi e normativa.

I leganti per l'edilizia ed il restauro: gesso, calci e cementi. Calcestruzzi e conglomerati cementizi. Tecnologia, proprietà e criteri di posa in opera del calcestruzzo preconfezionato. Additivi ed aggregati per calcestruzzo. Calcestruzzo a resistenza, resistenza caratteristica, tecnologia e controllo di qualità. Normativa sui leganti, sugli aggregati e sul calcestruzzo. Classi di esposizione ambientale del calcestruzzo. Durabilità del calcestruzzo. Normativa e legislazione.

Materiali ceramici e vetri per l'edilizia: caratteristiche, prestazioni e normativa.

Polimeri termoplastici e termoindurenti impiegati nell'edilizia e nel restauro (impermeabilizzanti, isolanti termici ed acustici, sigillanti, adesivi, etc.). Caratteristiche e normative.

Modalità di svolgimento dell'esame: orale

Testi consigliati:

G. RINALDI, *Materiali e Chimica Applicata*, Siderea, Roma.
V. ALUNNO ROSSETTI, *Il Calcestruzzo. Materiali e tecnologie*, McGraw-Hill Libri Italia, s.r.l. Milano.
L. BERTOLINI, P. PEDEFERRI et al.,*Tecnologia dei Materiali*, Città Studi Edizioni.

TECNOLOGIA DEI MATERIALI NUCLEARI — BO, cds: N

Docente: **Domiziano Mostacci** prof. ass.

Fondamenti di fisica dello stato solido

– Modello di Drude, conduttività e conducibilità, effetti termoelettrici; modello di Sommerfeld, elettroni liberi, energia di Fermi; reticoli di Bravais, terne primitive; reticolo reciproco, zone di Brillouin, indici di Miller; diffrazione X; classificazione dei cristalli; potenziale periodico, moto degli elettroni, teorema di Bloch, superficie di Fermi; La teoria semiclassica della conduzione nei metalli, conduttività, conducibilità, effetti termoelettrici.

Diagrammi di stato

– sistemi binari; equilibrio liquido-solido con solubilità completa, regola della leva; solubilità completa allo stato liquido e parziale allo stato solido: eutettico, reazione peritettica; solubilità completa allo stato liquido e nulla allo stato solido: eutettoide; precipitazione in soluzione solida; trasformazione ordine-disordine; il diagramma di stato Fe-C.

Proprietà dei materiali

– i cristalli perfetti: molecolari, ionici, covalenti, metallici; i reticoli cristallini; fasi solide metalliche, soluzioni; difetti reticolari: di punto, di linea, di superficie, difetti di Frenkel, dislocazioni; conseguenze dei difetti: diffusione, plasticità e sorgenti di Frank-Reed; interazione fra dislocazioni: incrudimento; bordi di grano; interazione fra dislocazioni e precipitati ed atmosfere di Cottrell; invecchiamento.

Aspetti cinetici delle trasformazioni di fase

– effetti della temperatura; diffusione; solidificazione fuori dall'equilibrio; trasformazioni di stato in fase solida fuori dall'equilibrio; trasformazione martensitica; migrazione del carbonio all'interno del reticolo Fe-C; I diagrammi TTT; i trattamenti termici di addolcimento: ricotture, ingrossamento dei grani; i trattamenti termici di indurimento: tempra-rinvenimento-bonifica, trattamenti isotermici.

Comportamento meccanico dei materiali

– deformazione elastica e deformazione plastica, frattura; fatica, curve di Wohler; creep, influenza della temperatura e della struttura cristallina sul creep: parametro di Larson-Miler.

Compatibilità e corrosione

– definizioni, tipi di corrosione; velocità di attacco; processi corrosivi a secco: ossidi perme-

abili e non permeabili, regola di Pilling-Bedworth; corrosione nei metalli fusi; processi corrosivi a umido: richiami di elettrochimica, catene galvaniche; aspetti stechiometrici, leggi di Faraday; aspetti termodinamici, tensione di elettrodo, serie elettrochimica; aspetti cinetici, passivazione e passività; aspetti morfologici e strutturali; metodi di prevenzione e protezione.

Gli acciai inossidabili

– diagrammi Fe-Cr e Fe-Ni, acciai ferritici, martensitici, austenitici; diagramma di Scheffler; come si designano gli acciai inossidabili; acciai martensitici: tipi, proprietà meccaniche, applicazioni; acciai ferritici: tipi, proprietà meccaniche, applicazioni, acciai ferritici ELI (extra low interstitial); acciai austenitici: tipi, proprietà meccaniche, applicazioni; acciai duplex; acciai indurenti per precipitazione; i tipi di prodotti siderurgici.

Lavorazioni per deformazione plastica

– lavorazioni a caldo: laminazione a caldo, estrusione, fucinatura; lavorazioni a freddo: laminazione a freddo, trafilatura, profilatura, coniatura, piegatura, curvatura (di lamiere, nastri, tubi con diversi tipi di mandrino), imbutitura.

Finiture superficiali

– finiture dei prodotti finiti di acciaieria: finiture standard per laminazione, finiture standard per abrasione; finiture dei manufatti: finitura per abrasione, barilatura, pallinatura, sabbiatura, lucidatura elettrolitica, elettroplaccatura, attacco chimico; colorazione degli acciai inossidabili: brunitura, colorazione (per rinvenimento, per immersione, per interferenza), pitturazione e smaltatura; sgrassaggio, decapaggioe decontaminazione; protezioni temporanee; pulizia e manutenzione delle superfici.

Svolgimento degli esami

L'esame è costituito da una prova orale nel corso della quale lo studente dovrà dimostrare di aver compreso i principi fondamentali trattati e dovrà saper applicarli a semplici problemi pratici.

Indirizzo delle tesi di laurea: Teorico, rivolto allo studio della posizione condizionante in cui vengono a trovarsi i materiali nella risoluzione di un particolare problema tecnico. Sperimentale, inteso allo studio ed alla caratterizzazione di materiali avanzati per applicazione nel campo dell'energetica.

Testi adottati

PAOLO STROCCHI, *Tecnologia dei materiali nucleari*, Ed. CLUEB, Bologna, 1979.
GABRIELE DI CAPRIO, *Gli acciai inossidabili*, III Edizione, Ed. Hoepli, Milano, 1997.

Testi consigliati

ASHCROFT and MERMIN, *Solid State Physics*, Ed. Saunders College, Fort Worth (USA), 1976.

TECNOLOGIE DI CHIMICA APPLICATA

BO, cds: M

Docente: **Maria Chiara Bignozzi** ric.

Programma

Combustione e combustibili: aspetti termodinamici e cinetici della combustione, studio delle caratteristiche dei combustibili (solidi, liquidi, gassosi) naturali ed artificiali.

Le acque: proprietà chimico-fisiche delle acque naturali. Trattamenti per il loro impiego nell'ingegneria meccanica (circuiti di raffreddamento, come acque di alimentazione per caldaie, etc.)

Corrosione dei materiali metallici: aspetti termodinamici e cinetici della corrosione umida e secca. Morfologia della corrosione e metodi di protezione dei metalli.

Materiali polimerici: proprietà chimiche, termiche e meccaniche; processi di polimerizzazione. Polimeri termoplastici e termoindurenti: caratteristiche e proprietà. Principali tecnologie di lavorazione. Elastomeri naturali e sintetici.

Modalità di svolgimento dell'esame: scritto e orale

Testi di consultazione

G. SALVI, *La combustione*, Tamburini Editore.
AIMAT - *Manuale dei materiali per l'ingegneria - Capitolo "Materiali polimerici"* - Mc Graw Hill Editore
P. PEDEFERRI, *Corrosione e protezione dei materiali metallici*, CLUP Editore.
A. GIRELLI, *Trattato di chimica industriale ed applicata*, Zanichelli Editore.

TECNOLOGIE DI CHIMICA APPLICATA L **BO, cds: R**
Docente: **Giorgio Timellini** prof. straord.

Finalità del Corso

Fornire agli allievi una conoscenza di base delle principali classi di materiali da costruzione e dei materiali di processo (combustibili, acqua); delle correlazioni delle caratteristiche e dei processi di fabbricazione con natura, composizione e proprietà delle materie prime; dei principali problemi di impatto ambientale associati a lavorazione, produzione, trattamento, applicazione ed impiego dei materiali considerati.

Programma

Introduzione al corso

Classificazione dei materiali. Proprietà generali. Introduzione alla scienza dei materiali. Microstruttura e proprietà fisico-meccaniche. Richiami sui diagrammi di stato. Le materie prime ed i processi di fabbricazione. Materiali, energia e ambiente.

La combustione ed i combustibili

I combustibili fossili nel quadro generale della produzione di energia. Chimica-fisica della combustione.

I combustibili e l'ambiente: inquinamento ambientale dai processi di produzione dei combustibili. Inquinamento ambientale dai processi di combustione.

Le acque

Caratterizzazione chimico-fisica. Acque naturali ed acque industriali di scarico. Requisiti qualitativi per le acque potabili, per le acque per caldaie e circuiti di raffreddamento, per le acque

di scarico. I trattamenti e la depurazione delle acque. I fanghi di risulta dai processi di depurazione.

I materiali ceramici

Generalità sulle materie prime ceramiche: argille, quarzo, feldspati, carbonati, etc. Caratterizzazione chimico-fisica ed attitudinale delle materie prime ceramiche.

Cenni sui ceramici per edilizia, per uso domestico, per l'industria (refrattari): materie prime, ciclo di fabbricazione, proprietà.

Il calcestruzzo: composizione, produzione, proprietà, applicazioni.

I metalli

Generalità sullo stato metallico e sulle proprietà dei metalli. Le materie prime ed i processi metallurgici. Ferro e sue leghe. Corrosione e protezione dei metalli.

I materiali e l'ambiente. Guida, con riferimento ai materiali oggetto del corso, all'identificazione e specificazione dei principali fattori di impatto ambientale, ed alla gestione delle attività di prevenzione/riduzione di tali impatti. Analisi critica di esperienze industriali. Cenni alla gestione dell'ambiente secondo norme e regolamenti vigenti e sulla certificazione ambientale di processo e di prodotto.

Esame

Sono previste due prove scritte intermedie di verifica (consigliate).

L'esame consiste in un colloquio orale.

Testi consigliati (consultazione):

W.F. SMITH, *Scienza e Tecnologia dei Materiali*, McGraw-Hill It., Milano, 1995.

AUTORI VARI, *Manuale dei Materiali per l'Ingegneria*, a cura di AIMAT, Mc-Graw-Hill Ed., Milano (1996).

W. BUCHNER ET AL., *Chimica Inorganica Industriale*, Ed. Piccin, Padova, 1996.

L. BRUZZI, *Prevenzione e controllo dell'impatto ambientale*, Ed. CLUEB, Bologna (1995).

G. BUSANI, C. PALMONARI, G. TIMELLINI, *Piastrelle ceramiche & Ambiente*, Ed. EDI.CER, Sassuolo, 1995.

Altro materiale di supporto:

Documentazione fornita dal docente

TECNOLOGIE ELETTRICHE INNOVATIVE LS **BO, cds: E**

Docente: **Gian Carlo Montanari** prof. straord.

I Nuove tecnologie per cavi energia

1. Cavi estrusi per media ed alta tensione: sviluppo dei cavi estrusi nel mercato, tecniche di reticolazione, morfologia ed imperfezioni, effetto delle condizioni ambientali e delle sollecitazioni (degradazione, water treeing).

2. Nuovi tipi di cavo per alte tensioni: cavi a gas (isolante elettrico, processi di scarica, criteri di progetto), cavi a temperatura criogenica e superconduttori (isolante elettrico, processi di scarica, criteri di progetto).

II Qualità dell'energia

1. Compensazione della potenza reattiva e della qualità dell'energia: definizione del fattore di potenza in regime di distorsione di tensione e corrente, metodi di compensazione della potenza reattiva, controllo delle correnti armoniche e limiti di distorsione, risonanza serie e parallelo e filtri (criteri di progetto dei filtri).

2. Condensatori per rifasamento: materiali, fabbricazione e progetto (condensatori all film e dielettrico misto), prestazioni.

III Sistemi elettrochimici per l'accumulo dell'energia

1. Principi di funzionamento delle batterie: pila di Volta e Daniell, polarizzazione e reversibilità

2. Caratteristiche delle batterie: tensione, capacità e loro dipendenza da fattori progettuali.

3. Tipi di pile: pile a liquido, pile a secco (struttura, caratteristiche di scarica, prestazioni).

4. Accumulatori: accumulatori acidi (reazioni elettrochimiche fondamentali, gassing e accumulatori a ricombinazione di gas, caratteristiche delle celle al piombo), accumulatori alcalini (tipi, reazioni elettrochimiche fondamentali, caratteristiche delle celle al cadmio, batterie sigillate), accumulatori per automobile.

5. Supercondensatori (cenni).

IV Celle a combustibile

1. Principi di funzionamento della cella, effetto dei parametri operativi sulle prestazioni.

2. Tipi di celle (AFC, PEMFC, PAFC, MCFC e SOFC) ed applicazioni.

3. Principali metodologie di produzione dell'idrogeno (elettrolisi e reforming).

IV Componenti a Superconduttori

1. Aspetti generali della superconduttività: cenni storici, proprietà macroscopiche, fenomenologia dei superconduttori, superconduttori del I tipo, temperatura critica campo critico, corrente critica, frequenza critica e mutui legami, lo stato intermedio e lo stato misto, superconduttori del II tipo, teoria di London, cenni sulle teorie di Ginnzburg-Landau e BCS, superconduttori reali e fenomeni di pinning.

2. Ossidi superconduttori – una nuova classe di materiali per l'ingegneria elettrica: materiali superconduttori per le applicazioni elettriche, struttura cristallina e metodi di preparazione, BSCCO e YBCO, configurazione dei manufatti superconduttori per applicazioni energetiche.

3. Metodi per la caratterizzazione elettromagnetica dei superconduttori: misura della corrente critica, misura della magnetizzazione e ciclo di isteresi. Esercitazioni di laboratorio.

4. Applicazioni nel settore energetico: vari tipi di applicazioni (risonanza magnetica, limitatori di corrente, SMES, motori e trasformatori, cavi a superconduttori).

V Cenni sulle nuove tecnologie per sistemi di conversione fotovoltaica dell'energia

VI Tecnologie relative ai processi di formazione di cariche elettrostatiche

1. Processi microscopici di formazione delle cariche: modello a bande, meccanismi di carica macro e microscopici, trasferimento delle cariche.

2. Fenomenologia macroscopica: separazione di carica per induzione, sfregamento, tempo di carica ed energia accumulata, scarica. Funzionamento della fotocopiatrice

3. Problemi connessi ai fenomeni elettrostatici: industria elettronica, ospedali, luoghi con rischio di esplosione ed incendio, aspetti normativi, prevenzione degli eventi di scarica.

4. Misura delle grandezze tipiche dei fenomeni elettrostatici: misura della carica totale, della

densità di carica superficiale, del campo elettrico, dell'energia, misure per la qualificazione dei componenti, modelli per la simulazione degli eventi di accumulo e scarica.

Esercitazioni di laboratorio verranno svolte sugli argomenti del corso.

Testi consigliati:

Appunti del Docente

Esame: Orale

Pagina Web del Corso: http://www.limat.ing.unibo.it/didattica/tecn_elet_inn_LS.htm

TECNOLOGIE GENERALI DEI MATERIALI **BO, cds: G, M**
Docente: **Daniele Veschi** prof. ass.

Generalità

Primo ciclo del quarto anno di Ingegneria Meccanica, indirizzo Materiali (caratterizzante), Produzione e Costruzioni. Facoltativo. Quarto anno Ingegneria Gestionale.

Facoltativo. 90 ore di lezioni circa, esercitazioni e attività di laboratorio incluse. Scopo del corso è l'acquisizione degli elementi finalizzati alla corretta scelta dei materiali ed alla migliore sequenza delle operazioni e dei trattamenti nella realizzazione dei particolari meccanici. È consigliata la propedeuticità di Tecnologia Meccanica.

Programma

I MATERIALI METALLICI - richiami sulla costituzione della materia - lo stato metallico: allotropia - solidificazione - grani cristallini e giunti - difetti nei metalli; isotropia ed omogeneità

PROVE DI DUREZZA (richiami) - metodo Brinell ed applicazioni; - metodo Vickers ed applicazioni; - metodo Rockwell ed applicazioni; - metodi per la durezza superficiale; - microdurezza e sistemi di misura.

LEGHE FERROSE Il ferro: leghe Fe-C - reticoli cristallini del ferro - trasformazioni allotropiche - volumi specifici delle fasi - diagramma di stato (stabile e metastabile) - diagramma di struttura - classificazioni generali degli acciai - i fenomeni di diffusione: leggi di Fick - il microscopio metallografico (reattivi) - strutture dell'acciaio

Gli acciai - velocità nelle trasformazioni dell'austenite: isteresi - principali strutture di trasformazione: perliti, bainiti, martensite - caratteristiche delle principali strutture - temprabilità: curve di Bain e curve CCT - la tempra e problemi connessi - temprabilità - misura della temprabilità: prova Jominy - tempra efficace - curve ad U ed effetto di massa - il grano austenitico e la sua valutazione - ingrossamento del grano austenitico - mezzi tempranti - leganti degli acciai (generalità) - effetti dei principali leganti: Mn, Ni, Cr, Mo, W, Si, V, Co, Al, S, Pb - lavorabilità all'utensile degli acciai - designazione convenzionale degli acciai.

Trattamenti termici - rinvenimento - bonifica - ricotture (vari tipi) - normalizzazione

Trattamenti termochimici - cementazione (generalità) - cementazione solida - cementazione in bagno di sali - cementazione gassosa - le atmosfere in trattamento termico - endogas ed equilibri - la tempra dopo cementazione - sistemi di protezione anticementanti - carbonitrurazione - nitrurazione; acciai da nitrurazione - trattamenti "antiusura": Tenifer e derivati, Sulf-inuz e derivati, Sulf BT - ionontrurazione - borurazione.

Trattamenti di indurimento superficiale - tempra superficiale: per fiammatura e ad induzione - riporti di metalli duri - flammizzazione - nichelatura chimica - processo PVD - processo CVD

Scelta degli acciai da costruzione - fattori fondamentali: caratteristiche, reperibilità, prezzo - scelta degli acciai da bonifica - acciai microlegati - scelta degli acciai da cementazione - scelta della profondità di cementazione.

Cicli di produzione di particolari meccanici

Saldabilità degli acciai - Generalità e problematiche - difetti di saldatura: cricche a caldo, cricche a freddo, soffiature, strutture anomale, tensioni residue.

Acciai speciali e per usi specifici - Acciai rapidi - trattamento termico degli acciai rapidi - Acciai per lavorazioni a caldo - Acciai per impieghi ad alta temperatura: creep e criteri di scelta - Acciai per cuscinetti volventi - Acciai per molle - Acciai per lavorazioni a freddo - Acciai per impieghi alle basse temperature - Acciai maraging.

Variazioni dimensionali e tensioni residue in trattamento.

Acciai inossidabili - Generalità - diagramma di Shaffler - Acciai inossidabili martensitici (e semiferritici) - Acciai inossidabili ferritici - Acciai inossidabili austensitici - scelta degli accai inossidabili.

Fonderia dell'acciaio - problematiche generali.

ALLUMINIO e sue LEGHE - Metallurgia dell'alluminio - Generalità e caratteristiche generali.

Leghe di Alluminio - Leghe e leganti - correttivi - leghe madri - principali leganti: Cu, Si, Mg, Zn - altri leganti o correttivi: Mn, Fe, Ni, Cr, Ti, Sn - classificazione e designazione convenzionale.

Modifiche strutturali - generalità - trattamenti di modificazione (liquido) - trattamenti sul solido per via meccanica o termica - tempra strutturale - fenomeni di riprecipitazione (invecchiamento).

Trattamenti termici - bonifica (modalità e mezzi) - ricotture (vari tipi).

Fonderia delle leghe di alluminio - problematiche generali - metodologie (in terra, in conchiglia, iniettofusione) - difetti dei getti: segregazione, contrazione, ritiro lineare, gas disciolti, composizione chimica.

Lavorazioni plastiche delle leghe di alluminio - generalità - laminazione a caldo, - stampaggio - estrusione - laminazione a freddo - trafilatura - imbutitura.

Lavorazioni al truciolo delle leghe di alluminio - generalità

Saldatura delle leghe di alluminio - generalità e problematiche - metodologie.

MAGNESIO e sue LEGHE - metallurgia - generalità e caratteristiche - leghe e leganti - classificazione e designazioni convenzionali - leghe con AL-Zn-Mn - leghe con Zn-Zr - leghe resistenti a caldo (terre rare, Th) - trattamenti termici e loro effetti.

Fonderia delle leghe di magnesio - problematiche generali - metodologie (in terra, in conchiglia, iniettofusione) - affinazione del grano.

Lavorazioni plastiche delle leghe di magnesio - generalità - laminazione - forgiatura e stampaggio - estrusione - formatura di lamiere.

Lavorazioni al truciolo delle leghe di magnesio - generalità

Saldatura delle leghe di magnesio - generalità e problematiche - metodologie

Protezione anticorrosione delle leghe di magnesio - problematiche - metodologie diverse e relativi effetti.

Progettazione con leghe di magnesio - Peculiarità ed aspetti particolari - applicazioni

MATERIE PLASTICHE - Tipi fondamentali - riempitivi e additivi

Resine termoindurenti ad alta pressione - resine fenoliche, melaminiche, ureiche - laminati plastici - stampaggio per compressione diretta - stampaggio transfer e per iniezione.

Resine termoindurenti a bassa pressione - resine poliesteri, epossidiche - plastici rinforzati -

resine per colata - incollaggi - resine poliuretaniche

Resine termoplastiche - generalità - struttura delle resine - estrusione - stampaggio ad iniezione - soffiatura di corpi cavi - formatura di lastre - poliolefine - PVC - polistirolo e copolimeri - poliammidi: tipi, caratteristiche, tecnologie, trattamenti, impieghi - poliacetaliche - resine fluorurate.

Principi generali di progettazione con materiali plastici.

RAME e sue LEGHE - Generalità - metallurgia del rame - proprietà meccaniche, chimiche elettriche - rami bassolegati - leghe a titolo elevato (Be, Co-Be, Si-Mn, Ni-Si) - leghe con lo zinco: ottoni (vari tipi) - leghe con lo stagno: bronzi (vari tipi) - cuprallumini - cupronichel - alpacche.

ZINCO e sue LEGHE - Generalità - metallurgia - caratteristiche - zincatura a caldo - pressocolata.

TITANIO e sue LEGHE - Generalità - caratteristiche generali, fisiche, meccaniche - resistenza alla corrosione - metallurgia del Titanio - caratteristiche tecnologiche (truciolabilità, deformabilità, fusibilità, saldabilità) - Titanio commerciale - leghe di Titanio.

Testi per la preparazione e Bibliografia

PAUL DEGARMO, *Materials and processes in manufacturing*, MacMillian publishing co., inc. N.Y.
GIUSTI-SANTOCHI, *Tecnologia meccanica e studi di fabbricazione*, Ed. Ambrosiana (MI).
F. MAZZOLENI, *Tecnologie dei metalli*, vol I, II, III, Utet, Torino.
VESCHI, *L'acciaio ed il suo impiego* (Patron, Bologna).
VESCHI, *L'alluminio e le leghe leggere*, Hoepli, Milano.
Materie plastiche, Appunti fotocopiati presso copisteria di fianco alla Biblioteca Dore.
Rame e sue leghe, Appunti fotocopiati presso copisteria di fianco alla Biblioteca Dore.

Modalità di esecuzione delle prove d'esame

Prova scritta preliminare, consistente nello studio del ciclo di produzione di un componente meccanico. Prova orale.

TECNOLOGIE GENERALI DEI MATERIALI L **BO, cds: N**

Docente: **Vittorio Colombo** prof. straord.

Il corso si propone di descrivere alcune tra le tecniche di trattamento e trasformazione di materiali tradizionali e innovativi ad alto valore tecnologico aggiunto e di interesse in ambito energetico mediante processi di lavorazione con sorgenti ad alto contenuto di energia con gestione della qualità e della salvaguardia dell'ambiente:

– Cenni alla fisica e alla tecnologia delle sorgenti di plasma e alle sorgenti laser più usualmente coinvolte nei processi tecnologici su materiali tradizionali e innovativi ad alto valore aggiunto e di interesse in ambito energetico

– Trattamento di polveri metalliche e ceramiche con tecnologia assistita da plasma termico: modellazione fisico-matematica del processo e approccio computazionale per la previsione della storia termofisica delle particelle;

– Cenni ai processi di tipo laser cladding per la deposizione di strati superficiali protettivi (protezione termica, antiusura, antistress) di tipo metallico o ceramico;

– Cenni ai processi di sferoidizzazione, purificazione e densificazione di polveri metalliche e ceramiche;

– I processi di laser hardening e plasma hardening di provini metallici; modellazione fisico-matematica del processo e approccio computazionale in ambito tridimensionale dipendente dal tempo;

– Cenni alla fisica e alla tecnologia dei forni ad induzione per processi tecnologici (filatura di vetri di elevata purezza, hardening di materiali metallici);

– Cenni ai più avanzati processi plasma assistiti di sintesi e deposizione di materiali ad alto valore tecnologico aggiunto (silice di elevata purezza, strati metallici e ceramici protettivi);

– Cenni ai processi di vetrificazione di polveri volatili con alto contenuto in metalli pesanti provenienti da incenerimento convenzionale di rifiuti solidi urbani; ambiti di riutilizzo dei prodotti della lavorazione;

– Analisi di brevetti storici e di rilevante attualità nel settore dei processi di trasformazione e trattamento di materiali tradizionali e innovati ad alto valore tecnologico aggiunto.

Dispense del docente.

TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA LS **BO, cds: I, L, T**

Docente: **Roberto Laschi** prof. ord.

Finalità

Introdurre il problema della sicurezza dei sistemi informatici. Classificare ed analizzare i meccanismi ed i servizi che consentono di fronteggiare attacchi intenzionali. Discutere alcuni casi significativi di applicazioni sicure.

Programma

1. Sicurezza dei sistemi informatici: tecnologie dell'informazione, tecnologie per la sicurezza, crittografia, crittanalisi
2. Meccanismi per la riservatezza: crittografia classica, teoria dell'informazione, cifrari simmetrici ed asimmetrici.
3. Meccanismi per l'autenticazione: verifica dell'integrità e dell'origine, firma digitale, identificazione.
4. Casi di studio: Kerberos, PKI, PGP, GSM/UMTS, televisione a pagamento, servizi bancari.
5. Steganografia e Biometria.

Esame:

prova orale articolata in una verifica della conoscenza acquisita ed in una discussione di compiti fatti a casa.

Esercitazioni:

progetto, valutazione e gestione di semplici meccanismi per la sicurezza.

Propedeuticità:

Matematica discreta

Bibliografia:

[1] Roberto Laschi, Rebecca Montanari, *Appunti di tecnologie per la sicurezza*, fotocopie 2002.

[2] PAOLO FERRAGINA, FABRIZIO LUCCIO, *Crittografia. Principi, Algoritmi, Applicazioni*, Bollati Boringhieri 2001.
[3] BRUCE SCHNEIER, *Applied Cryptography* , John Wiley 1996.
[4] A.J. MENEZES, P.C. VAN OORSCHOT, S.A. VANSTONE, *Handbook of Applied Cryptography*, CRC Press 1997.
[4] WILLIAM STALLING, *Sicurezza delle reti. Applicazioni e standard*, Addison Wesley Longman Italia 2001.
[5] BRUCE SCHNEIER, *Sicurezza digitale. Miti da sfatare, strategie da adottare*, Tecniche nuove 2001.
[6] MARIAGRAZIA FUGINI, FABRIZIO MAIO, PIERLUIGI PLEBANI, *Sicurezza dei sistemi informatici*, Apogeo 2001.
[7] HENK C.A. VAN TILBORG, *Fundamentals of Cryptology*, Kluwer Academic Publishers 2001.

TECNOLOGIE WEB LA **BO, cds: I**

Docente: **Fabio Tarantino** prof. inc.

Questo corso si ripropone di descrivere nel dettaglio i modelli, le architetture e i componenti principali delle Architetture distribuite per la gestione di servizi ed applicazioni Web-based.

Il corso è diviso in tre percorsi logici il cui obiettivo è quello di fornire una visione complessiva delle tecnologie in gioco e delle tecniche di sviluppo di applicazioni distribuite:

1. Standard di riferimento, Architetture e Modelli
- Modelli di Programmazione (Client/Server, Code Mobility)
  - o Il modello thin client basato sulla coppia Browser/Web Server
  - o Code on Demand:Java Applet
  - o Modelli basati sulla mobilità del codice
- Protocolli (TCP/IP, HTTP, FTP)
- TCP/IP – aggancio del livello di applicazione sui livelli TCP
  - o HTTP
  - o FTP
- Progettazione e dimensionamento dei Sistemi
- Client Side (browser)
- Server Side (web server, application server, database)
- Replicazione, Clustering: Fault Tolerance e Scalabilità
- Testing, analisi della qualità e delle prestazioni

2. Tecnologie e linguaggi di programmazione
- Il linguaggio HTML
- Programmazione Client Side
  - o Il modello di esecuzione
  - o Javascript e DHTML
  - o Cenni di VBScript
- Programmazione Server Side
  - o Modello di esecuzione
  - o CGI, Java Servlet, ASP/JSP
  - o Linguaggi (Java e cenni di VB e Perl)

- Sviluppo di applicazioni distribuite
  - o Componenti software (COM+, EJB)
  - o Modelli alternativi basati sulla mobilità del codice
- Integrazione dei Sistemi Informativi nelle applicazioni Web-based
  - o criteri di progettazione dei DataBase e l'importanza delle performance
  - o JDBC e ODBC per l'accesso standard alle risorse dati

3. Tecnologie di sviluppo avanzate basate sull'XML
- Il linguaggio XML
- Struttura e sintassi
- Definizione del tipi di documento (DTD)
  - o Tipi di documento standard XML-Data
- Le tecnologie correlate (XSL, XLL, XPOINTER)
- XML Parser: i modelli di parsing (DOM e SAX)
- Tecniche e sviluppo di applicazioni Web-based con l'ausilio dell'XML
- Tecniche e problematiche di System Integration

Propedeuticità consigliate:
Sistemi informativi L-A, Sistemi Operativi L-A, Reti di Calcolatori L-A
Modalità di Esame:
sono previste delle prove scritte durante la frequenza del corso ed un esame orale finale.

TELECOMUNICAZIONI LA **BO, cds: P**
Docente: **Roberto Verdone** prof. straord.

I due moduli di Telecomunicazioni L-A e L-B si prefiggono l'obiettivo di fornire gli elementi di base necessari all'Ingegnere dei Processi Gestionali, che opera presso una azienda che produce beni o servizi, per comprendere le problematiche connesse alla gestione di una rete di comunicazione e per effettuare scelte organizzative relative ai flussi informativi aziendali.
A tal fine, il corso di Telecomunicazioni L-A contiene la prima parte teorica, che fornisce i principi fondamentali delle telecomunicazioni numeriche.

Programma

Introduzione

Teoria dei segnali determinati e dei sistemi
Segnali determinati: energia, periodici
Segnali determinati: aperiodici
Sistemi lineari e tempo-invarianti

Teoria dei segnali aleatori
Teoria delle variabili aleatorie
Teoria dei processi aleatori
Rumore termico ed altri disturbi

Teoria della comunicazioni numeriche
Schema a blocchi di un sistema di trasmissione
Sistema di trasmissione numerico passabasso
Teoria dell'informazione
Segnali
Conversione AD e DA

Testi consigliati

ROBERTO VERDONE, *Fondamenti di Telecomunicazioni per l'Ingegneria Gestionale.*
LEONARDO CALANDRINO, MARCO CHIANI, *Quaderni di comunicazioni elettriche*, Voll. 1 e 2, Pitagora Editrice.
BRUCE CARLSON, *Communication Systems*, Third Ed., McGraw-Hill.

Modalità di esame
Prova scritta e orale.
È prevista una prova intermedia il cui superamento permette l'accesso alla prova orale finale.

TELECOMUNICAZIONI LB **BO, cds: P**
Docente: **Roberto Verdone** prof. straord.

I due moduli di Telecomunicazioni L-A e L-B si prefiggono l'obiettivo di fornire gli elementi di base necessari all'Ingegnere dei Processi Gestionali, che opera presso una azienda che produce beni o servizi, per comprendere le problematiche connesse alla gestione di una rete di comunicazione e per effettuare scelte organizzative relative ai flussi informativi aziendali.

A tal fine, il corso di Telecomunicazioni L-B, oltre ad estendere la trattazione dei principi fondamentali delle telecomunicazioni numeriche, via radio e via cavo, illustra le caratteristiche principali di alcuni sistemi e reti di comunicazione di uso comune e/o grande sviluppo futuro e lo scenario globale che li coinvolge: si accenna alla rete Internet, alle reti mobili cellulari GSM, GPRS e UMTS, ai sistemi wireless per reti locali, al sistema di localizzazione satellitare GPS.

Programma

Introduzione

Sistemi di telecomunicazioni
Architetture protocollari
Mezzi di trasmissione
Sistemi di trasmissione numerici passabanda
Multiplazione

Reti di telecomunicazioni
Accesso Multiplo
IP, TCP, UDP
Reti locali
VoIP
Reti locali wireless (WiFi, Bluetooth)

Reti radiomobili (GSM, GPRS, UMTS)
Localizzazione

Testi consigliati

ROBERTO VERDONE, *Fondamenti di Telecomunicazioni per l'Ingegneria Gestionale.*
LEONARDO CALANDRINO, MARCO CHIANI, *Quaderni di comunicazioni elettriche*, Voll. 1 e 2, Pitagora Editrice.
BRUCE CARLSON, *Communication Systems*, Third Ed., McGraw-Hill.

Modalità di esame
Prova orale.

TEORIA DELLO SVILUPPO DEI PROCESSI CHIMICI — BO, cds: Q

Docente: **Massimo Nocentini** prof. ass.

Nell'Insegnamento vengono forniti gli elementi fondamentali connessi con lo sviluppo di processi chimici. La parte predominante dell'insegnamento riguarda valutazioni economiche di processi chimici: stima degli investimenti, del costo del prodotto, della redditività dell'investimento; vengono inoltre discusse alcune tecniche di ottimizzazione. Una parte dei contenuti dell'insegnamento sarà affrontata anche mediante l'uso di un simulatore di processo scelto fra quelli più in uso nell'industria.

1. *Introduzione*: Lo sviluppo di un processo (significato e strumenti necessari).

2. *Elementi di matematica finanziaria*: Valore attuale, montante, interesse, annualità, costo capitalizzato.

3. *Stima degli investimenti*: Tipologia degli investimenti (ai limiti di batteria, su nuovo sito), fattori di localizzazione ed influenza dei parametri socio-economici. Aggiornamento dei dati di costo. Metodi di stima basati su dati di impianti simili (investimento unitario, metodo esponenziale); metodi che non richiedono il dimensionamento degli apparati (Wilson, Viola); metodi basati sul costo degli apparati principali (Lang, Miller, metodo modulare). Dati di costo dei singoli apparati (dati di letteratura e software specifico).

4. *Stima del costo del prodotto*: Componenti del costo (costi diretti, indiretti, fissi, generali) e valutazione dei vari termini con riferimento all'industria chimica.

5. *Stima della redditività*: Variazione della potenzialità e sua influenza sugli utili. Diagramma del flusso di cassa in fase di costruzione e di esercizio dell'impianto. Criteri per la valutazione della redditività (ritorno sull'investimento, tempo di ritorno, tasso interno di rendimento, valore presente netto, rapporto benefici/costi). Problemi di scelta fra varie alternative. Criteri di gestione delle incertezze (di mercato e sui costi) nelle stime di redditività: espressione dei dati economici in termini probabilistici, combinazione di probabilità, tecnica Monte Carlo. Elementi di teoria delle decisioni: le alternative, i criteri di valutazione, i criteri di decisione (massimo valore atteso, massima unità).

6. *Elementi di ottimizzazione*. Ottimizzazione tecnica ed economica. Ripartizione del capitale per la massimizzazione del profitto. Profitti e costi marginali. Tecniche di ricerca del massimo di funzioni-obiettivo di una e più variabili. Programmazione lineare. Programmazione dinamica. Applicazione delle tecniche a problemi dell'industria di processo.

7. *Simulatore di processo*: (Saranno illustrati gli aspetti fondamentali e svolte esercitazioni in cui lo studente userà il simulatore). Elementi per l'input dei dati. Dati di libreria per le varie so-

stanze. Scelta dei metodi per la valutazione delle proprietà termodinamiche. Illustrazione delle principali operazioni unitarie e dei relativi input dati; Valutazione dei costi di apparati. Ottimizzazione di funzioni-obiettivo.

Testi consigliati:

La bibliografia inerente agli argomenti trattati è citata nelle dispense dell'insegnamento (disponibili presso il Dipartimento di Ingegneria Chimica e di Processo).

Esame: consiste in una prova scritta ed in un colloquio.

TEORIA E PROGETTO DEI PONTI **BO, cds: C**

Docente: **Maurizio Merli** prof. ass.

Parte prima: questioni introduttive generali - Principali soluzioni strutturali (cenni storici ed esempi; considerazioni qualitative; il ruolo favorevole dello sforzo assiale nell'equilibramento dei carichi; le norme). Azioni esterne (azioni permanenti; carico utile; vento; stati coattivi; azioni sismiche). Linee di influenza (metodo diretto; metodo indiretto e teorema di Land-Colonnetti; applicazioni per travi isostatiche, perstatiche, reticolari, archi, linee di influenza dei movimenti di una sezione; carichi indiretti; deduzione dei valori massimi delle sollecitazioni).

Parte seconda: gli impalcati - Lastre di c.a. comprese tra le travi (procedimenti di calcolo, superficie di influenza, questioni pratiche). Lastre di acciaio ortotrope. Reticoli di travi (ripartizione trasversale dei carichi: trasversi indeformabili; trasversi deformabili e soluzione secondo Guyon-Massonnet). Travi composte (acciaio e calcestruzzo). Impalcati a cassone. Richiami su travi precompresse. Travi reticolari.

Parte terza: le strutture di appoggio - Pile (pile di limitata altezza; pile snelle; sistemi costruttivi; verifiche per carichi di esercizio; verifiche per effetto di un sisma). Fondazioni (premessa; fondazioni dirette; su pali; con tiranti; fondazioni speciali). Spalle.

Parte quarta: gli archi - Premessa. Arco a tre cerniere. Arco a due cerniere e "a spinta eliminata". Arco incastrato ("centro elastico"; la scelta della struttura principale utilizzando le proprietà del centro elastico; linee di influenza; questioni relative ai vincoli). Cenno all'instabilità degli archi.

Parte quinta: i ponti strallati - Premessa (soluzioni in acciaio e in c.a.p.). I cavi di sospensione. Stato di sollecitazione e di deformazione (teoria lineare; cenno alla teoria non lineare).

Esercitazioni: Progetto di un ponte. Questioni pratiche. Argomenti integrativi delle lezioni (in particolare: normativa, vincoli e collaudo).

Testi consigliati:

O. Belluzzi, *Scienza delle costruzioni*, vol. II, Ed. Zanichelli.
P. Pozzati, *Teoria e tecnica delle strutture*, vol. I, Ed. UTET.
M. Pietrangeli, *Costruzione di ponti*, Ed. ESA.

F. LEONHARDT, *C.a. e C.a.p.*, vol. VI - I ponti, Ed. Tecniche.
C. CESTELLI GUIDI, *Cemento armato precompresso*, Ed. Hoepli.
Norme:
D.M. 27/7/85 "*Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale, precompresso e per le strutture metalliche*".
D.M. 2/8/80 "*Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali*".
CIRC. MIN. LL.PP. n° 20977 dell'11/11/80 "*Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali*".

Per sostenere l'esame è indispensabile aver superato l'esame di Scienza delle Costruzioni e preferibilmente anche quello diTecnica delle Costruzioni.

Esami orali.

Tesi di laurea. Indirizzo pratico-applicativo nella progettazione di un ponte e nella valutazione del suo ocsto.

TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN ACCIAIO — BO, cds: C

Docente: **Giuseppe Matildi** prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento: mettere gli allievi in grado di redigere il progetto di rilevanti strutture metalliche.

Programma

1. *I carichi e la sicurezza*
   - Richiami sulle ipotesi di carico sulle costruzioni e sui criteri di sicurezza - Normativa.
2. *Il materiale*
   - Forme e tipi degli acciai da costruzione.
   - Cenni alla composizione chimica e ai riflessi sulle caratteristiche meccaniche degli acciai.
   - Caratteristiche meccaniche e prove di laboratorio.
   - Le imperfezioni strutturali (profili laminati a caldo, profili formati a freddo, profili in composizione saldata).
   - Gli acciai e la rottura fragile
   - Fenomeni di fatica.
   - Gli acciai speciali da carpenteria.
3. *Resistenza degli elementi strutturali*
   - Stati fondamentali di sollecitazione.
   - Criteri di resistenza.
4. *Stabilità degli elementi strutturali*
   - Richiamo delle questioni fondamentali.
   - Integrazioni concernenti il calcolo delle strutture metalliche.
   - Criteri di controventamento.

5. *Icollegamenti degli elementi strutturali*
   - Generalità sui collegamenti.
   - Unioni chiodate e bullonate.
   - Unioni saldate.
   - Collegamenti tipici fra elementi strutturali.
   - I vincoli fondamentali e il loro calcolo.

6. *Le costruzioni civili ed industriali*
   - Gli edifici multipiano.
   - I fabbricati industriali.

7. *Questioni fondamentali concernenti alcune tipiche strutture metalliche dei ponti*
   - Travate in sistema misto acciaio-calcestruzzo.
   - Impalcati in piastra ortotropa.
   - Ponti strallati.

Le lezioni verranno integrate da una dettagliata illustrazione di progetti esecutivi.

Testi consigliati:

G. BALLO, F.M. MAZZOLANI, *Strutture in acciaio*, ed. ISEDI, Mondadori, Milano.
D. DANIELI, F. DE MIRANDA, *Strutture in acciaio per l'edilizia civile ed industriale*, Collana Tecnico-Scient. ITALSIDER, vol. VI, ed CISIA, Milano.
P. MATILDI, M. MELE, *Impalcati a piastra ortotropa ed in sistema misto acciaio-calcestruzzo*, Collana Tecnico-Scient. ITALSIDER, Vol. V, ed. CISIA, Milano.
P. POZZATI, *Teoria e tecnica delle strutture*, Vol. II, ed. UTET, Torino.
V. ZIGNOLI, *Costruzioni metalliche*, Vol. I e II, ed. UTET, Torino.

TERMODINAMICA APPLICATA L **BO, cds: N**

Docente: **Enzo Zanchini** prof. ord.

Programma

Finalità dell'Insegnamento

L'insegnamento si propone di fornire conoscenze chiare e rigorose sui fondamenti della termodinamica, sui bilanci di energia e di entropia per un volume di controllo, sulle proprietà termodinamiche di sistemi fluidi monocomponenti e multicomponenti in stati monofasici o bifasici, sui principali cicli termodinamici. Tali conoscenze costituiscono una base concettuale e metodologica per lo studio: dei sistemi di conversione e trasferimento dell'energia, dei sistemi di controllo termoigrometrico.

Fondamenti della termodinamica

Definizioni basilari – Primo principio e definizione della proprietà energia – Bilancio di energia per un sistema chiuso – Sistema semplice, energia interna ed entalpia – Secondo principio – Temperatura termodinamica – Disuguaglianza di Clausius – Definizione della proprietà entropia – Principio di non diminuzione dell'entropia – Flusso e produzione di entropia – Equazione di Gibbs- – Regola delle fasi – Motrici termiche e macchine frigorifere fra due serbatoi

Bilanci di energia e di entropia per un volume di controllo

Sistema quasi-semplice in moto – Ipotesi dell'equilibrio termodinamico locale – Bilanci di energia e di entropia per un volume di controllo – Bilancio combinato e flow availability – Esempi applicativi.

Sistemi semplici monocomponenti

Energia libera di Helmholtz ed energia libera di Gibbs – Relazioni termodinamiche – Calori specifici – Equazione di stato e diagrammi [p,T], [p,v] – Gas ideali: equazione di stato e deduzione della legge di Joule; variazioni di energia interna, entalpia ed entropia; valori dei calori specifici – Cenno alle proprietà dei liquidi – Proprietà dei vapori saturi – Equazione di Clapeyron – Cenno alle proprietà dei vapori surriscaldati e dei gas reali – Diagrammi termodinamici [T,s], [h,s] e [p,h].

Sistemi semplici multicomponenti

Proprietà delle miscele di gas ideali – Entropia di mescolamento – Miscele di aria e vapore d'acqua: titolo e grado igrometrico, diagramma [j,x], mescolamento di correnti di aria umida, diagramma psicrometrico

Cicli termodinamici

Ciclo Otto – Ciclo Diesel – Ciclo Rankine – Ciclo frigorifero a compressione.

Esame orale.

Bibliografia Obbligatoria

E. ZANCHINI, *Dispensa di Termodinamica Applicata per Ingegneria Energetica*, disponibile presso la Biblioteca della Facoltà di Ingegneria.

E. ZANCHINI, *Termodinamica* (Pitagora, Bologna 1993): capitoli 8 e 9; capitoli 11, 12, 13, 14; paragrafo 15.1; capitoli 16, 17, 18, 19.

TERMODINAMICA DELL'INGEGNERIA CHIMICA L **BO, cds: Q**

Docente: **Serena Bandini** prof. ass.

L'insegnamento costituisce un'introduzione allo studio della termodinamica dell'ingegneria chimica, per quanto concerne sistemi multicomponenti costituiti da più fasi.

Obiettivo del corso è quello di fornire gli elementi di base per la caratterizzazione di sistemi in equilibrio fisico e/o chimico e per il calcolo delle proprietà relative.

Argomenti principali.

1. Termodinamica delle miscele.

Grandezze molari parziali, equazione di Gibbs-Duhem e sue applicazioni. Potenziali chimici, fugacità, attività e coefficienti di attività di composti in miscela. Miscele ideali e miscele non ideali. Entalpie di mescolamento e calori integrali di soluzione. Diagrammi entalpia-composizione. Grandezze di eccedenza; modelli per miscele non ideali (cenni).

2. Stabilità di stati di equilibrio per miscele.

Condizioni di equilibrio fra fasi. Regola delle fasi.
3. Equilibri liquido-vapore.
Diagrammi (T,x) e (p,x). Volatilità relativa. Regola della leva. Calcolo delle condizioni di bolla e di rugiada. Azeotropi. Studio di stadi di separazione a flash.
4. Equilibri liquido-liquido-vapore.
5. Innalzamento ebullioscopico ed abbassamento crioscopico.
6. Equilibri chimici.
Reazioni stechiometricamente indipendenti. Richiami di termochimica. Condizioni di equilibrio. Definizione e calcolo della costante di equilibrio. Calcolo di condizioni di equilibrio per sistemi costituiti da miscele di gas ideali, da miscele gassose reali.
Equilibri simultanei. Pressione di decomposizione di solidi.

Testi consigliati:

SMITH, VAN NESS, ABBOT, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 5a ed., Mc Graw Hill.
REID, PRAUSNITZ, POLING, *The properties of gases and liquids*, 4a ed. Mc Graw Hill.
S. SANDLER, *Chemical Engineering Thermodynamics*, 2a e 3a ed., Wiley.
DENBINGH, *I principi dell'equilibrio chimico*, Casa editrice ambrosiana.
Appunti del docente.

Esame: l'esame consta in una prova scritta ed in una prova orale.
Propedeuticità obbligatorie: Termodinamica applicata L.

TERMOTECNICA DEL REATTORE **BO, cds: N**
Docente: **Franco Cesari** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di approfondire vari aspetti della termoidraulica monofase e bifase

Programma

A) Meccanica dei fluidi
Richiami di cinematica dei flussi.Equazioni differenziali ed integrali di conservazione della massa, quantità di moto ed energia. Idrostatica, legge di Laplace. Equazioni di Navier-Stokes e di Eulero. Forma conservativa delle equazioni, condizioni al contorno, forza capillare, analisi dimensionale delle equazioni. Semplici moti oscillatori ed instabilità di Rayleigh-Taylor e di Kelvin-Helmholtz. Bilanci macroscopici per sistemi isotermi, equazione di generalizzata di Bernoulli, perdite di carico concentrate e distribuite. Introduzione ai modelli di turbolenza, tensore degli sforzi di Reynolds, legge della similitudine di Kolmogorov, viscosità turbolenta, modello k-epsilon. Flussi bifase adiabatici e diabatici e mappe dei regimi di flusso. Equazione monodimensionale di bilancio della quantità di moto. Moltiplicatori bifase, modelli di Martinelli e di Baroczy. Perdite di carico concentrate. Instabilità statiche e dinamiche.

B) Scambio termico e termoidraulica
Equazione dell'energia totale. Convezione forzata e naturale. Introduzione alla teoria dello strato limite idrodinamico e termico. Numero di Nusselt. Bilanci macroscopici in sistemi non isotermi. Ebollizione omogenea ed eterogenea. Crescita di una bolla in uno strato limite termico e

in una piscina. Regimi di ebollizione in un fluido in quiete a contatto con una parete. Condensazione a goccia e a film. Regimi di ebollizione convettiva in condotti. Condensazione interna convettiva.

Esame: Prova scritta e orale

Bibliografia

Dispense del Docente.
BIRD, STEWART, LIGHTFOOT, *Transport Phenomena*, John Wiley & Sons, Inc. (1960).
POZRIKIDIS, *Introduction to Theoretical and Computational Fluid Dynamics*, Oxford University Press (1997).
VAN P. CAREY, *Liquid-Vapor Phase-Change Phenomena*, Hemisphere Publishing Corporation (1992).
BATCHELOR, *An introduction to Fluid Dynamics*, Cambridge University Press (1967).
TRITTON, *Physical Fluid Dynamics*, Van Nostrand Reinhold (1977).

TOPOGRAFIA **BO, cds: R**

Docente: **Stefano Gandolfi** ric.

GEODESIA

Forma della terra. Problema del rilievo – Cenni sulla composizione e sul moto della terra – Sistema di coordinate geocentrico. Impostazione classica del rilievo – Campo gravitazionale – Geoide – Quote ortometriche – Sistema di coordinate naturali – Potenziale normale e perturbativo – Superfici di livello.

Ellissoide di riferimento e suo orientamento – Coordinate ellissoidiche – Ondulazioni del geoide – Sistemi geodetici (Datum) – Osservabili classici: angoli, distanze, quote ortometriche

Geometria dell'ellissoide. Sezioni dell'ellissoide: normali, principali – Raggi di curvatura – Trasformazione tra sistema geografico e geocentrico – Sistema geodetico locale.

Posizionamento di punti. Geodetiche – Teoremi geodesia operativa – Sviluppi di Pouseux Weingarten – Superfici approssimate di riferimento: campo topografico e geodetico. Rete geodetica Italiana tradizionale.

CARTOGRAFIA

La rappresentazione cartografica. Deformazione e moduli – Leggi della rappresentazione – Rappresentazioni conformi, equazione generale – Rappresentazione di Gauss – Uso geodetico della rappresentazione di Gauss.

Il sistema cartografico Gauss Boaga – Il sistema cartografico UTM UPS – La cartografia dell'IGM – Cartografia regionale – Cartografia numerica (cenni).

TEORIA DEGLI ERRORI

Probabilità (Richiami): definizioni, eventi semplici e composti.

Variabili Casuali. (Richiami) Variabili continue e discrete – Funzione cumulativa e funzione densità di probabilità mono e bidimensionale – Probabilità associata ad un intervallo di valori: intervallo di confidenza – Parametri di una distribuzione (centralità e dispersione) – Variabile standardizzata – Covarianza e coefficiente di correlazione.

Campione (Richiami). Stima di media e varianza campionaria –Caratteristiche di una stima – Criterio di rigetto di dati.

Propagazione della media e della varianza. Casi lineare e non lineare, mono e pluridimensionale.
Compensazione delle osservazioni. Tipi di errori – Vincoli tra le osservazioni – Ridondanza – Criterio dei Minimi Quadrati.
Metodo delle osservazioni indirette. Modello funzionale e statistico – Osservabili con vincoli lineari – Soluzione e calcolo della stima delle incognite – Modelli non lineari e iterazioni – Proprietà statistiche delle stime – Linearizzazione delle equazioni all'angolo azimutale, di direzione e alla distanza – Equazioni al dislivello ed alla base GPS.
Calcolo di una rete. Compensazione intrinseca – Analisi dei residui – Precisione di una rete. Inserimento in una rete preesistente: compensazione vincolata e trasformazione conforme.

RILIEVO

Reti trigonometriche. Reti nazionali altimetriche – planimetriche – GPS. Procedura del rilievo: dal generale al particolare – Reti – Inquadramento, appoggio e dettaglio.
Rilievo planimetrico. Riduzione delle misure alla superficie di riferimento – Schemi elementari di rilievo: intersezioni (in avanti, laterali, all'indietro), polari (irradiamento), rami di poligonale – Poligonali vincolate e chiuse – Rilievo di dettaglio.
Rilievo altimetrico. Tipi di quote e superfici di riferimento – Livellazione trigonometrica: schema, strumentazione necessaria, reciproca, da un estremo – Rifrazione – Precisioni raggiungibili – Livellazione geometrica: schema, strumentazione necessaria – Linea di livellazione: preparazione,esecuzione e controllo – Precisioni raggiungibili nella livellazione geometrica di precisione.
Misura di dislivello ellissoidico tramite GPS e ondulazione.
Rilievo GPS. Preparazione e pianificazione – Sessioni e basi indipendenti – Compensazione delle basi – Trasformazione nel sistema nazionale

STRUMENTI E METODI OPERATIVI DI IMPIEGO

Misura di angoli. Teodoliti. Parti costitutive: assi, cannocchiale collimatore, cerchi graduati, apparati di lettura, livelle, sistemi pendolari – Messa in stazione – Metodo di lettura di angoli azimutali: regola di Bessel, strati – Lettura di angoli zenitali – Zenit strumentale.
Teodoliti elettronici. Misure automatiche e memorizzazione dati
Misura di distanze. Geodimetri. Principio di funzionamento – Equazione fondamentale – Precisioni strumentali, effetto ambiente.
Stazioni totali. Flusso misure – calcoli.
Misura di dislivelli. Livelli. Parti costitutive – Livello di precisione – Stadie invar – Livellazione dal mezzo – Precisione di una battuta e di una linea.
G.P.S. Principio di funzionamento del sistema – Segmenti spaziale, di contollo, utente – Il segnale GPS – Errori sistematici – Osservabile pseudo range e fase – Processamento delle basi: differenze di fase, interruzioni, ambiguità.

Testi consigliati

Appunti di: Integrazioni di Geodesia, Rilievo, Strumenti, GPS, Teoria degli errori

FOLLONI, *Principi di topografia*, ed. Patron, Bologna.
In particolare (Geodesia, Cartografia, Probabilità): Cap. 1, par. 1.1, 1.3.1, 1.3.2 (lettura), 1.3.4, 1.3.5; 1.4, 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3; 1.5, 1.5.1, 1.5.2, 1.5.3, 1.5.4, 1.5.5, 1.5.6; 1.6.
Cap. 2, par. 2.1; 2.1.1, 2.1.2, 2.1.5, 2.1.6; 2.2, 2.2.1; 2.3, 2.3.1, 2.3.4, 2.3.5 (tranne punto b), 2.3.6; 2.4, 2.4.1, 2.4.2.

TOPOGRAFIA L **BO, cds: R**

Docente: **Maurizio Barbarella** porf. ord.

GEODESIA

Forma della terra. Impostazione classica del rilievo – Campo gravitazionale – Geoide – Quote – Sistemi di coordinate: naturali, geocentriche– Potenziale normale e perturbativo – Superfici di livello. Ellissoide di riferimento e suo orientamento – Coordinate ellissoidiche – Ondulazioni del geoide – Principali Sistemi Geodetici (Datum) – Osservabili classici: angoli, distanze, quote ortometriche

Posizionamento di punti. Superfici di riferimento semplificate per i rilievi: sfera e piano tangente Rete Geodetica Italiana planoaltimetrica.

CARTOGRAFIA

La rappresentazione cartografica. Deformazione e moduli – Leggi della rappresentazione – Il sistema cartografico Gauss Boaga – Il sistema cartografico UTM UPS – La cartografia dell'IGM – Lettura carte IGM a scala 1:25000 (Tavolette). *Cartografia numerica (cenni).*

TEORIA DEGLI ERRORI

Probabilità e **Variabili Casuali**. Brevi richiami

***Propagazione della varianza**. Casi lineare e non lineare mono dimensionale.*

***Campione**. Stima di media e varianza campionaria – Criterio di rigetto di dati.*

Compensazione. Compensazione delle osservazioni: principio – Stima di parametri incogniti.

RILIEVO

Reti trigonometriche. Reti nazionali altimetriche – planimetriche – GPS. – Procedura del rilievo: dal generale al particolare – Reti – Inquadramento, appoggio e dettaglio.

Rilievo planimetrico. Riduzione delle misure alla superficie di riferimento – Schemi elementari di rilievo: intersezioni (in avanti, laterali, all'indietro), polari (irradiamento), rami di poligonale – Poligonali vincolate e chiuse – Rilievo di dettaglio.

Rilievo altimetrico. Tipi di quote e superfici di riferimento – Livellazione trigonometrica: schema, strumentazione necessaria, reciproca, da un estremo – Rifrazione – Precisioni raggiungibili – Livellazione geometrica: schema, strumentazione necessaria – Precisioni raggiungibili

Rilievo GPS. Preparazione e pianificazione – Sessioni e basi indipendenti – Compensazione delle basi – Trasformazione nel sistema nazionale

STRUMENTI E METODI OPERATIVI DI IMPIEGO

Misura di angoli. Teodoliti. Parti costitutive: assi, cannocchiale collimatore, cerchi graduati, apparati di lettura, livelle, sistemi pendolari – Messa in stazione – Metodo di lettura di angoli azimutali: regola di Bessel, strati – Lettura di angoli zenitali – Zenit strumentale – Teodoliti elettronici.

Misura di distanze. Geodimetri. Principio di funzionamento – Equazione fondamentale – Precisioni strumentali, effetto ambiente – Stazioni totali.

Misura di dislivelli. Livelli. Parti costitutive: livelle, viti di elevazione – Livello di precisione – Stadie invar – Livellazione dal mezzo – Precisione di una battuta e di una linea.

G.P.S. Principio di funzionamento del sistema – Errori sistematici del sistema.– Osservabile pseudo range e fase.

Testi consigliati

Appunti di: Rilievo, Integrazione di geodesia, GPS, Strumenti

Testo di consultazione

BEZOARI, MONTI, SELVINI, *Topografia Generale.*
FOLLONI, *Principi di topografia*, ed. Patron, Bologna.
In particolare (Geodesia, Cartografia, Probabilità):
Cap. 1, par. 1.1, 1.3.1, 1.3.2 (lettura), 1.3.4, 1.3.5; 1.4, 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3; 1.5, 1.5.1, 1.5.2, 1.5.3, 1.5.4, 1.5.5, 1.5.6; 1.6
Cap. 2, par. 2.1; 2.1.1, 2.1.2, 2.1.5, 2.1.6; 2.2, 2.2.1; 2.3, 2.3.1, 2.3.4, 2.3.5(tranne punto b),2.3.6; 2.4, 2.4.1, 2.4.2

TOPOGRAFIA E FOTOGRAMMETRIA **BO, cds: D**
Docente: **Giuseppe Lombardini** prof. inc.

(parte prima)
01) La Topografia:
forma della terra; campo topografico, sferico, ellissoidico.

02) Strumenti di misura:
ottici, elettro-ottici, G. P. S..

03) Ottica strumentale:
ottica geometrica; lamina pianparallela; prismi; lenti; microscopio semplice; microscopio composto; cannocchiale; l'obbiettivo fotografico.

04) Misura degli angoli:
gli strumenti corrispondenti; il teodolite ottico meccanico; il teodolite elettronico; posa in stazione di un teodolite; verifiche e rettifiche di un teodolite; errore residuo di verticalità, errore residuo di orizzontalità, errore residuo di ortogonalità; errori strumentali; eccentricità dell'asse di rotazione, eccentricità dell'asse di collimazione, errore di graduazione dei cerchi; reiterazione; ripetizione; metodi di misura degli angoli; misura degli angoli verticali; riduzione al centro delle osservazioni.

05) Misura delle distanze:
con teodolite e stadia verticale; con teodolite e stadia orizzontale; misura elettronica della distanza; effetto della atmosfera sulla misura elettronica; misura diretta della distanza di alta precisione.

06) Misura dei dislivelli:
strumenti per la misura dei dislivelli: livelli automatici, livelli con livella torica; lastra pianparallela; verifiche e rettifiche dei livelli; livellazione trigonometrica; livellazione tacheometrica; livellazione geometrica; livellazione barometrica; livellazione idrostatica; quote ortometriche; piano quotato e piano a curve di livello; la rappresentazione altimetrica ed il piano quotato; trasformazione del piano quotato; profili e sezioni del terreno.

07) Il rilievo in generale:
criteri di esecuzione; individuazione e segnalizzazione dei punti; monografie; segnali per i rilevamenti fotogrammetrici.

08) Il rilievo:
cenni sulle reti di appoggio; triangolazioni; trilaterazioni; intersezioni: in avanti, laterali ed inverse; poligonali.

09) Il rilievo di dettaglio:
generalità; celerimensura; restituzione grafica del dettaglio;

10) Cartografia:
cenni storici, lo sviluppo della superficie terrestre sul piano, classificazione delle carte, le proiezioni prospettiche, la proiezione stereografica polare, proiezioni cilindriche e coniche, la cartografia ufficiale italiana, le carte I.G.M.I., le carte catastali, le carte regionali, carte tematiche.

(parte seconda)

11) La fotogrammetria:
generalità, cenni storici.

12) Assunzione delle informazioni:
emulsioni fotografiche e loro supporti, uso dei filtri, la stereoscopia, visione anaglifica, separazione delle immagini con gli stereoscopi, incremento della sensibilità stereoscopica, la marca mobile, le camere aeree, geometria della presa, calibrazione di una camera fotogrammetrica, voli fotogrammetrici, scala media dei fotogrammi, le camere terrestri, la base di presa.

13) La trasformazione proiettiva:
relazione proiettiva tra oggetti e immagini, rotazione nel piano, rotazione nello spazio; relazione fra coordinate lastra e coordinate assolute; orientamento esterno di un fotogramma, orientamento della coppia, orientamento relativo e orientamento assoluto; la restituzione per punti nella fotogrammetria dei vicini; oggetti tridimensionali e oggetti piani; deformazione del modello nell'orientamento relativo; influenza della sfericità della terra e della rifrazione atmosferica.

14) L'ortoproiezione:
la geometria del raddrizzamento, il raddrizzamento analogico e le condizioni ottico meccaniche, il raddrizzamento differenziale, raddrizzamento differenziale per via analogica.

15) Determinazione dei punti di appoggio:
le operazioni topografiche di appoggio, il concatenamento di più fotogrammi, la triangolazione per modelli indipendenti-formazione planimetrica e formazione planoaltimetrica, triangolazione per fasci prospettici.

16) Restituzione analitica:
misure di coordinate con i comparatori, restitutori analitici, orientamento interno, orientamento relativo, orientamento assoluto.

17) Restituzione analogica:
restitutori a doppia proiezione ottica diretta, restitutori a proiezione ottico-meccanica, restitutori a proiezione meccanica.

18) Raddrizzatori e ortoproiettori

19) Uso dei fotogrammi aerei:
elementi geometrici di un fotogramma; operazioni sul singolo fotogramma; operazioni sulla coppia di fotogrammi; nozioni semplici di fotointerpretazione; diffusione ed assorbimento, riflettività.

20) Produzione cartografica fotogrammetrica:
collaudo della cartografia.

21) Rilevamenti:
allineamenti; rilevamenti di piccole estensioni; rilevamento dei fabbricati; rilevamento del loro interno; tracciamento delle sezioni orizzontali(piante) e verticali; proiezioni dei fabbricati su piani ortogonali o obliqui; proiezione dei fabbricati su piani orizzontali; inquadramento topografico dei fabbricati nel territorio.

22) Rilevamenti speciali:
il rilievo dell'architettura finalizzato al recupero e al restauro; il rilievo dei particolari costruttivi e architettonici; il controllo e il dimensionamento delle lesioni strutturali; la determinazione metrica del degrado di un'opera architettonica.

TRASMISSIONE NUMERICA **BO, cds: T**
Docente: **Giovanni Emanuele Corazza** prof. straord

Introduzione – Architetture e applicazioni dei sistemi di trasmissione numerica.

1) *Strumenti matematici*
Segnali determinati. Definizione di energia e potenza. Definizione di segnali a energia finita e a potenza finita. Segnali periodici. Valor medio temporale e componente alternata di segnale di potenza. Correlazione tra segnali a energia finita e a potenza finita. Trasformata di Fourier. Teorema di Wiener-Kintchine. Definizione di banda. Rappresentazione in serie di funzioni ortonormali di base. Principio di ortogonalità. Sviluppo in serie di Fourier. Teorema del campionamento. Campionamento di segnali passa-banda. Esercizi.
Segnali aleatori. Classificazione dei processi aleatori. Densità di probabilità marginale, congiunta, condizionata. Teorema di Bayes. Calcolo dei momenti. Stazionarietà in senso lato. Intercorrelazione tra processi stazionari. Processi gaussiani stazionari. Funzione complementare di errore. Funzioni Erfc(x) e Q(x), versioni approssimate. Rumore additivo gaussiano bianco (AWGN). Esercizi.

2) *Teoria della decisione e della stima*
Introduzione alla teoria della decisione e della stima. Definizione di decisione e stima. Generalità. Caratterizzazione parametrica del segnale ricevuto. Classificazione dei problemi di decisione e di stima.
Teoria della decisione. Schema a blocchi della decisione. Decisione binaria. Criterio di Bayes. Rischio di Bayes. Estensione al casi di M ipotesi. Criterio MAP. Criterio ML. Criterio Minimax. Criterio di Neyman-Pearson. Quadro riassuntivo dei criteri di decisione. Esempi applicativi. Statistica sufficiente. ROC. Esercizi.
Teoria della stima. Schema a blocchi della stima. Stima di parametro aleatorio. Criterio di Bayes. Rischio di Bayes. Stima MMSE, ABS, MAP. Esempi applicativi. Condizioni per l'otti-

malità dello stimatore MMSE. Stima di parametro deterministico incognito. Media e varianza dell'errore di stima. Stimatori non polarizzati. Stima ML. Disuguaglianza di Cramer-Rao (CRB). Stimatore efficiente. CRB modificato. Esempio di calcolo del CRB. Esercizi.

3) *Ricezione numerica*

Modulazione numerica. Introduzione. Spazio dei segnali. Costellazioni. Efficienze della distribuzione in energia, della distribuzione delle distanze, della distribuzione dimensionale. Forme impulsive di base. Condizione di ortonormalità estesa. Funzioni strettamente limitate nel tempo e in banda. Criterio di Nyquist. Teorema di Nyquist sulla simmetria vestigiale. Schemi a blocchi di modulatore e demodulatore numerico. Filtro adattato. Ricezione numerica in AWGN. Rumore rilevante e irrilevante. Statistica sufficiente. Applicazione dei criteri MAP e ML. Esempio di tracciatura delle regioni di decisione. Prestazioni dei ricevitori numerici. Limite dell'unione. Esempio di applicazione: QPSK. Esercizi.

4) *Stima di parametri ausiliari*

Segnali con incertezza parametrica immersi nel rumore. Stima DA, DF, NDA. Incertezza di fase. Cause. Ricevitore non coerente. Demodulatore differenziale. Stima ML di fase implicita ed esplicita. Caso DA. Cramer-Rao bound. Phase Locked Loop (PLL) di vario ordine. Stima di fase in presenza i dati: DF e NDA. Costas Loop. Stimatori "ad hoc": squadratore, elevamento a M. Recupero del sincronismo di simbolo. Stima del ritardo ML. Stima DF. Early-late gate. Stima NDA. Stima di frequenza. Calcolo del funzionale di verosimiglianza. Stima ML esatta. Stima ML approssimata. Formula del CRB. Esercizi.

5) *Ricezione in presenza di distorsione lineare*

Distorsione. Condizioni di non distorsione. Conseguenze della distorsione lineare. Interferenza intersimbolo. MLSD. Ricevitore ottimo e problemi di complessità e ritardo. Modello di canale equivalente tempo discreto con rumore bianco. Macchine a stati finiti (FSM). Diagramma di stato e a traliccio. Esempio. Calcolo ricorsivo della metrica. Algoritmo di Viterbi (VA). Percorsi sopravvissuti. ACS. Esempio di applicazione del VA. Equalizzazione lineare. Schema a blocchi. Cenni a criteri ZF e MMSE. Esercizi.

TRASMISSIONE NUMERICA LA **BO, cds: T**

Docente: **Giovanni Emanuele Corazza** prof. straord.

1) *Introduzione alla teoria dell'informazione*

Definizione di informazione ed entropia. Entropia congiunta e condizionata. Regola della concatenazione. Entropia relativa. Informazione mutua. Regole e teoremi su entropia e informazione mutua. Entropia di processo aleatorio tempo discreto. Esercizi.

2) *Capacità del canale*

Capacità del canale DMC. Proprietà della capacità. Esempi di calcolo in forma chiusa. Definizione di codice, ritmo di codifica. Teorema della codifica di canale. Entropia differenziale di variabile aleatoria continua. Entropia di variabile aleatoria gaussiana. Teorema della massima entropia di variabile aleatoria continua. Capacità del canale AWGN tempo discreto e tempo continuo. Relazioni tra efficienza spettrale, capacità e rapporto segnale-rumore. Limite di Shannon. Grafico modulazioni. Esercizi.

3) *Codifica a blocchi*

Cenni storici sulla teoria della codifica. Codici a blocco lineari. Codici sistematici. Matrice generatrice. Distanza di Hamming. Proprietà. Rivelazione e correzione degli errori. Matrice di controllo di parità. Sindrome. Codice estensione. Codice accorciato. Esempi di codici a blocco. Esercizi.

4) *Codifica convoluzionale*

Definizione e schema a blocchi. Esempio. Polinomi generatori. Diagramma di stato e a traliccio. Distanza di Hamming. Distanza minima e distanza libera. Algoritmo di calcolo della distanza libera. Funzione di trasferimento del codice. Regole per la risoluzione dei grafi. Decodifica di codici convoluzionali. Algoritmo di Viterbi. Prestazioni: limite dell'unione. Esercizi.

5) *Codifica di sorgente*

Schema a blocchi. Ridondanza statistica. Irrilevanza percettiva. Classificazione dei metodi di codifica di sorgente: lossy e lossless. Codifiche a lunghezza variabile. Vincolo del prefisso. Codici di Huffman. Esempi. Limiti della codifica di Huffman. Algoritmo di Lempel-Ziv. Esercizi.

TRASPORTO DI PARTICELLE E DI RADIAZIONE

BO, cds: N

Docenti: **Ruben Scardovelli** prof. ass.
Jorge E. Fernandez prof. ass.

Descrizione dell'Insegnamento

A partire dalla teoria generale del trasporto di particelle e di radiazione in termini dell'equazione di Boltzmann, vengono derivate, discusse ed applicate varie forme delle equazioni macroscopiche, quali di Navier-Stokes e quelle della magnetofluidodinamica ideale e resistiva, dal punto di vista fisico-matematico e in applicazioni tecnologiche e scientifiche.

Programma

1) Plasmi: moto di particelle cariche in campi elettromagnetici variabili nello spazio e nel tempo, invarianti adiabetici, equazioni della magnetofluidodinamica ideale e resistiva, problemi analitici e numerici associati all'equilibrio e alla stabilità dei plasmi in macchine toroidali per la fusione nucleare, discussione dei problemi connessi alla valutazione dei coefficienti del trasporto di massa, energia e momento nei plasmi termonucleari.

2) Applicazioni allo studio del trasporto di fotoni: processi di assorbimento, emissione e scattering, equazione del trasferimento radiativo come equazione di Boltzmann. Interazioni della radiazione con la materia: effetto fotoelettrico, scattering Rayleigh e Compton. Equazione scalare per fotoni descritti come particelle neutre, e vettoriale per fotoni polarizzati, e soluzioni deterministiche. Simulazione statistica con il metodo di Monte Carlo. I codici SHAPE ed MCSHAPE. I codici Monte Carlo EGS e MCNP.

Esercitazioni

L'insegnamento prevede esercitazioni analitiche, numeriche e di laboratorio.

Bibliografia

Dispense dei docenti.

G. SCHMIDT, *Physics of High Temperature Plasmas*, Academic Press, New York, 1979.
BIELAJEW A.F., *The fundamentals of the Monte Carlo Method for neutral and charged particles*, The University of Michigan (Chicago, 2001).
POMRANING G.C., *The equations of radiation hydrodynamics*. Pergamon Press (Oxford, 1973).

TRATTAMENTO STATISTICO DEI DATI L — BO, cds: R

Docente: **Antonio Zoccoli** prof. ass.

Finalità dell' insegnamento

Maturazione di concetti basilari dell'analisi dei dati sperimentali e loro trattazione col linguaggio dell'analisi matematica, del calcolo delle probabilità. Acquisizione della metodologia scientifico - tecnica necessaria per affrontare in termini quantitativi i problemi specifici.

Programma

Teoria della probabilità.

Concetti fondamentali. Definizione di probabilità. Probabilità classica, frequentistica ed assiomatica. Principali teoremi sulla composizione delle probabilità. Teorema delle ipotesi. Elementi di calcolo combinatorio.

Misure.

Caratteristica degli strumenti di misura (precisione, sensibilità, etc.). Discrepanza tra due misure e confronto tra due misure. Errori sistematici, casuali, grossolani ed errore assoluto massimo a priori. Errori relativi ed assoluti. Media, scarto quadratico medio e deviazione standard.

Distribuzioni di probabilità.

Distribuzioni discrete e continue e loro proprietà. La distribuzione di Gauss: Media, varianza, larghezza, intervallo di confidenza. Miglior stima della media e della deviazione standard di un campione. Distribuzione binomiale, di Poisson del χ_2.

Analisi dei dati.

Composizione degli errori. Il criterio di Chauvenet. La media pesata. Coefficiente di correlazione lineare. Covarianza e correlazione. Test delle ipotesi. Metodo dei minimi quadrati e del χ_2.

Ulteriori informazioni

L'insegnamento presuppone familiarità con gli elementi basilari dell' analisi matematica (quali i processi di derivazione, di integrazione e di limite di funzioni di una o più variabili), nonché tematiche e concetti fisici già acquisiti in un corso universitario di Fisica Generale.

Una parte delle lezioni è dedicata alla discussione di quesiti e esercizi . L'esame consiste in una prova scritta e in una eventuale successiva prova orale.

Testi consigliati

J. R. TAYLOR, *Introduzione all'analisi dei dati*, Editore Zanichelli.
M. SPIEGEL, *Probabilità e Statistica*, Collana Scahum, Editore ETAS.

TURBOMACCHINE **BO, cds: M**

Docente: **Pier Ruggero Spina** prof. ass.

Finalità del corso

Il corso intende fornire metodologie di base per affrontare la progettazione termofluidodinamica delle turbomacchine. Il percorso logico adottato affronta il dimensionamento "esterno" delle macchine, mediante l'uso di correlazioni statistiche, il dimensionamento monodimensionale, considerando macchine a fluido incomprimibile e comprimibile, l'approccio bidimensionale, con sviluppo ed applicazione di tecniche aerodinamiche.

Argomenti sviluppati

1) Definizione di turbomacchina; analisi dimensionale e teoria della similitudine; classificazione delle turbomacchine; correlazioni statistiche per il dimensionamento esterno delle turbomacchine.

2) Teoria monodimensionale delle macchine a fluido incomprimibile; tracciamento delle linee meridiane di corrente; procedure per il progetto di macchine a flusso radiale e assiale; valutazione dell'influenza del numero finito di pale secondo Stodola e Pfleiderer; tracciamento del profilo palare con i metodi punto a punto e della rappresentazione conforme.

3) Teoria sul flusso bidimensionale. Aerodinamica dei profili: influenza del numero di Mach, variazione delle prestazioni al variare dell'allungamento e del rapporto spessore/corda. Risultati forniti dalla teoria aerodinamica. Sovrapposizione degli effetti aerodinamici. Profili NACA.

4) Prestazioni dei profili posti in schiera: valutazione dell'effetto schiera, determinazione della geometria delle schiere con i metodi di Weinig, Howell e Carter, disegno della pala e congruenze aerodinamiche.

5) Flusso bidimensionale nelle turbomacchine radiali. Studio del flusso irrotazionale attraverso schiere di pale radiali stazionarie per mezzo della trasformazione conforme. Studio del flusso attraverso giranti radiali: cenni.

6) Equazioni del flusso stazionario unidimensionale comprimibile di un gas perfetto in un condotto; flusso isentropico in un condotto di area variabile.

7) Macchine motrici a fluido comprimibile: lo stadio di turbina assiale, la trasformazione termodinamica, espressione degli angoli di flusso in funzione del grado di reazione e dei coefficienti di lavoro e di portata, criteri di scelta del grado di reazione e dei coefficienti di lavoro e di portata. Funzionamento in condizioni fuori progetto dello stadio di turbina, accoppiamento tra gli stadi, la turbina multistadio, prestazioni globali della turbina. Il raffreddamento delle pale.

8) Macchine operatrici a fluido comprimibile: lo stadio di compressore assiale, la trasformazione termodinamica, funzionamento in condizioni fuori progetto dello stadio di compressore, accoppiamento aerodinamico tra gli stadi, prestazioni globali del compressore assiale multistadio. Il pompaggio e lo stallo rotante.

9) Accoppiamento compressore turbina. La regolazione dei turbogas.

Esame: orale

Propedeuticità consigliate: Macchine I, Macchine II, Aerodinamica

Testi consigliati

BETTOCCHI R., *Turbomacchine*, Pitagora Ed., Bologna, 1986.

Testi di consultazione

ACTON O., *Turbomacchine*, UTET, 1986.

ACTON O., CAPUTO C., *Introduzione allo studio delle macchine*, UTET, 1979.
ABBOTT I.H.,VON DOENHOFF A.E., *Theory of Wing Sections*, Dover Publications, 1959.
BETTOCCHI, R., SPINA, P.R., *Propulsione aeronautica con turbogas* (Appunti tratti dalle lezioni di Propulsione Aerospaziale II) - 2a Edizione - Pitagora Ed., Bologna, 2002.
COHEN H., ROGERS G.F.C., SARAVANAMUTTOO H.I.H., *Gas Turbine Theory*, Longman, 1996.
CSANADY G.T., *Theory of Turbomachines*, McGraw Hill, 1964.
CUMPSTY N.A., *Compressor Aerodynamics*, Longman, 1990.
DIXON S.D., *Fluid Mechanics, Thermodynamics of Turbomachinery*, Pergamon Press, 1978.
ECKERT B., *Axialkompressoren und radialkompressoren*, Springer Verlag, 1953.
HILL P.G., PETERSON C.R., *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion*, Addison Wesley, 1992.
HORLOCK J.H., *Axial Flow Compressors*, Butterworths, 1958.
HORLOCK J.H., *Axial Flow Turbines*, Butterworths, 1966.
LAZARKIEWICZ S.,TROSKOLANSKI A.T., *Impeller Pumps*, Pergamon Press, 1965.
OSNAGHI G., *Macchine fluidodinamiche*, CLUP, Milano, 1979.
PFLEIDERER C., PETERMAN H., *Turbomacchine*, Tecniche Nuove, 1985.
POPE A., *Wind Tunnel Testing*, John Wiley & Sons, 1954.
SANDROLINI S., BORGHI M., NALDI, G., *Turbomacchine termiche. Turbine*, Pitagora, 1992.
SANDROLINI S., NALDI G., *Macchine 1. Fluidodinamica e termodinamica delle turbomacchine*, Pitagora, 1997.
SANDROLINI S., NALDI G., *Macchine 2. Le turbomacchine motrici e operatrici*, Pitagora, 1998.
RIEGELS F.W., *Aerofoil Sections*, Butterworths, 1961.
VENTRONE G., *Le turbomacchine*, Libreria Cortina, Padova, 1975.
WISLICENUS G.F., *Fluid Mechanics of Turbomachinery*, Dover Publications, 1965.

URBANISTICA **BO, cds: D (L-Z)**

Docente: **Carlo Monti** prof. ord.

1. Presentazione dei problemi della città e del territorio

La città, il territorio, l'ambiente. La gestione del territorio come processo di piano. Il territorio come risorsa, come sistema di servizi e come ambiente complessivo. Gli strumenti della pianificazione e della progettazione urbanistica.

L'evoluzione dei rapporti città/territorio: dalla città antica, alla città industriale, alla città diffusa. Le reti di città, il marketing urbano, la città sostenibile.

2.Trasformazioni territoriali ed evoluzione degli strumenti di governo del territorio

L'evoluzione delle leggi urbanistiche in Italia e il quadro della normativa vigente. Livelli di governo del territorio: competenze e strumenti. La legislazione regionale in materia di territorio, ambiente, edilizia, con particolare riferimento alla Regione Emilia-Romagna. Gli strumenti per la tutela dell'ambiente e le procedure per la Valutazione di Impatto Ambientale.

3. Gli strumenti della pianificazione a scala locale.

Il Piano Regolatore Generale: contenuti e modi di attuazione. I metodi di elaborazione, le analisi socioeconomiche, le analisi dell'ambiente fisico, l'analisi della struttura urbana. Il dimensionamento e la normativa. I Piani Particolareggiati, i piani di settore. Il rapporto piano-progetto. Le forme di concertazione fra iniziativa pubblica e privata. La valutazione ambientale e la valutazione economica.

4. Le esperienze di pianificazione a scala sovracomunale e regionale

I rapporti fra economia, ambiente e organizzazione degli insediamenti. Le esperienze di pianificazione regionale in Italia e in Europa: i modelli tradizionali di pianificazione territoriale e il loro superamento. I rapporti fra Piano Territoriale, Piano Paesistico, Piani di settore. La pianificazione a scala provinciale e di area metropolitana.

5. Le tecniche dell'urbanistica

L'analisi del sito: gli aspetti fisici, le caratteristiche dell'ambiente e del paesaggio, gli aspetti storico-culturali. L'analisi dei tessuti urbani ed extraurbani. Tutela e recupero nei centri antichi e nelle aree extraurbane. Gli standards e gli altri parametri per la regolazione dell'uso del suolo. Le componenti elementari del progetto urbano (i tipi edilizi ed urbanistici, gli spazi e i nodi del sistema delle comunicazioni, il progetto delle aree verdi, le opere di urbanizzazione, ecc.). Cartografie tematiche e sistemi informativi per la pianificazione.

Il laboratorio progettuale e le esercitazioni

Le esercitazioni applicative sono finalizzate a fornire gli elementi necessari per l'esperienza di progettazione che gli studenti dovranno svolgere nell'ambito del Laboratorio progettuale di Urbanistica, di cui è titolare per l'anno 2001/2 l'Ing.Maria Rosa Ronzoni.

Secondo l'ordinamento, l'esperienza progettuale del Laboratorio è indispensabile per la formazione dello studente e per il superamento dell'esame.

Il progetto riguarderà la riqualificazione di un'area urbana nell'area di Bologna (o di altre province della Regione); in tale area si studierà l'inserimento di attività "integrate" (residenza, servizi, commercio, uffici, verde, etc.), con l'obiettivo di definire una porzione di spazio urbano.

Bibliografia fondamentale del corso

Testo di base:

MONTI C., *Elementi di Urbanistica*, CLUEB, Bologna 2000.

Altri testi consigliati:

RONZANI,G., *Valutazione ambientale e piani urbanistici*, CLUEB, Bologna, 1992

e, inoltre:

BENEVOLO, L., *Storia dell'architettura moderna*, Ed. Laterza, Bari, Capp.III, XI, XV, Conclusione).

CAMAGNI, A., *Principi di Economia urbana e territoriale*, La Nuova Italia, 1993.

FIALE, A., *Diritto urbanistico*, 5^ Ed., Ed. Simone.

MARCONI, P. *Il restauro e l'architetto*, Marsilio Ed., 1993.

MONTI, C., RIGUZZI, G., PRATELLI, A., SECONDINI,P., *Analisi e pianificazione del territorio rurale*, Ed. CLUEB, Bologna, 1985.

RIGUZZI, G., *Analisi e pianificazione dei tessuti urbani. Il caso di Bologna*, Ed.CLUEB, 1993.

SECONDINI, P. (a cura di), *Un laboratorio per la pianificazione*, CLUEB, Bologna, 2000.

SECONDA FACOLTÀ DI INGEGNERIA (con sedi didattiche a Cesena e Forlì)

PRESENTAZIONE DEL PRESIDE

La seconda Facoltà di Ingegneria dell'Ateneo di Bologna è stata istituita recentemente per potenziare e valorizzare l'offerta didattica del settore nelle sedi della Romagna, e per dare un forte sviluppo alle attività di ricerca con l'incardinamento in loco di nuovi docenti. Essa nasce dunque per svolgere una attività sinergica e complementare a quella della Facoltà di Bologna da cui è gemmata.

L'organizzazione didattica della seconda Facoltà di Ingegneria è impostata su due livelli di laurea, in attuazione della recente riforma basata sulla formula 3+2, che nelle sedi romagnole è stata sperimentata già da alcuni anni.

Il primo livello comporta tre anni di corso, durante i quali si acquisiscono 180 Crediti Formativi Universitari (CFU). Esso porta all'acquisizione di una laurea che fornisce le basi metodologiche e culturali unitamente ad una formazione professionalizzante, già utilizzabile nel mondo del lavoro. A tale scopo è fondamentale il rapporto diretto degli studenti sia con le imprese, sia con enti e organismi vari, attraverso lo svolgimento di tirocini pratici e tesi di interesse applicativo. Tali attività sono regolate da convenzioni con diverse centinaia di aziende ed enti in sedi sia locali sia nazionali. Inoltre sono frequenti gli scambi con università estere, presso le quali molti studenti possono svolgere un segmento importante della propria carriera di studio.

Il secondo livello comporta due ulteriori anni di corso, con l'acquisizione di altri 120 CFU, e comporta l'acquisizione di una elevata specializzazione, con competenze volte allo sviluppo dell'innovazione e alle applicazioni più avanzate.

Anche nel secondo livello di studi sono previste attività di tirocinio e tesi presso aziende ed enti operanti nei settori di specializzazione e attività di studio presso università estere.

Dopo il conseguimento della laurea specialistica gli studenti potranno eventualmente proseguire gli studi: con i master di secondo livello (almeno 60 crediti), con scuole di specializzazione post-laurea specialistica, con il dottorato di ricerca (3 anni) finalizzato alla ricerca di base o applicata.

L'offerta didattica della seconda Facoltà si articola in settori di punta dell'ingegneria moderna: le quattro macro aree di studio sono Ingegneria Aerospaziale e Ingegneria Meccanica nella sede di Forlì, Ingegneria Biomedica e Ingegneria dei Sistemi e delle Tecnologie dell'Informazione a Cesena. Alle prime tre corrispondono altrettante lauree triennali e lauree specialistiche, mentre alla quarta corrispondono una omonima laurea specialistica e le tre lauree triennali in Ingegneria Elettronica, Ingegneria Informatica e Ingegneria delle Telecomunicazioni.

Nelle sedi della nuova Facoltà gli studenti possono trovare un ambiente favorevole, dove il la cura della qualità è un elemento fondamentale, che si concretizza nella disponibilità di ambienti e servizi didattici moderni, di laboratori avanzati (in alcuni casi unici nel panorama universitario nazionale) e di un rapporto diretto con il personale docente e tecnico. Raccomando di consultare il sito Internet della Facoltà, per poter avere ulteriori informazioni sia sull'offerta didattica, sia sugli aspetti tecnici e logistici delle numerose attività in cui gli studenti sono coinvolti.

Cesena, Settembre 2003

Il Preside
Prof. Ing. Franco Persiani

SECONDA FACOLTÀ DI INGEGNERIA CON SEDI DIDATTICHE A CESENA E FORLÌ

INFORMAZIONI GENERALI

Facoltà di Ingegneria
http://www.ing2.unibo.it

Preside: **prof. ing. Franco Persiani**

Strutture generali:

- presidenza ..... tel. 0547 385037
  ..... 0543 374401
  ..... fax 0547 638993
  ..... 0543 374477

SEDE DI FORLÌ

Sede didattica e segreteria

- Via Fontanelle, 40 - 47100 Forlì ..... tel. 0543 374401
  ..... fax 0543 374477

Uffici Presidenza

Via Fontanelle, 40 - 47100 Forlì ..... tel. 0543 374417
..... fax 0543 374477

Segreteria studenti

C.so A. Diaz, 45 - 47100 Forlì ..... tel. 0543 450208/
..... 450209
..... fax 0543 26997

SEDE DI CESENA

Sede Centrale

Via Venezia 52 - 47023 Cesena
..... tel. 0547 634700
..... fax 0547 634708

Sede Via Rasi e Spinelli

Via Rasi e Spinelli 176 - 47023 Cesena
segreteria@ingce.unibo.it
..... tel. 0547 614510
..... fax 0547 614517

Sede Via Genova

Via Genova 181 - 47023 Cesena ..... tel. 0547 385037
..... tax 0547 638993

NUOVI ORDINAMENTI

Sede di Cesena

Corsi di laurea di I livello (triennali)

Ingegneria Biomedica	classe 9
Ingegneria delle Telecomunicazioni	classe 9
Ingegneria Elettronica	classe 9
Ingegneria Informatica	classe 9

Corso di laurea specialistica di II livello

Ingegneria Biomedica	classe 26/S
Ingegneria dei Sistemi e delle Tecnologie dell'Informazione	classe 35/S

Sede di Forlì

Corsi di laurea di I livello (triennali)

Ingegneria Aerospaziale	classe 10
Ingegneria Meccanica	classe 10

Corsi di laurea specialistica di II livello

Ingegneria Aerospaziale	classe 25/S
Ingegneria Meccanica	classe 36/S

INFORMAZIONI GENERALI

Riforma degli studi

La riforma universitaria cambia il sistema degli studi universitari italiano, secondo un modello concordato con gli altri paesi dell'Unione Europea.

Gli obiettivi della riforma sono:

- abbreviare i tempi di conseguimento del titolo di studio e ridurre gli abbandoni
- coniugare una preparazione metodologica-culturale, da sempre prerogativa della didattica universitaria, con una formazione professionalizzante
- creare un sistema di studi articolato su due livelli di laurea secondo la formula del 3+2
- facilitare la mobilità degli studenti a livello nazionale e internazionale attraverso l'introduzione del sistema dei crediti.

La nuova organizzazione

La nuova organizzazione degli studi universitari si articola in due livelli: al primo ci sono i corsi di laurea, che durano tre anni (180 crediti). Essi hanno l'obiettivo di assicurare allo studente un'adeguata padronanza di metodi e contenuti scientifici generali, nonché l'acquisizione di specifiche conoscenze professionali. Al termine dei corsi, infatti, si consegue un titolo già idoneo per l'accesso al lavoro. Dopo la laurea è anche possibile seguire master di primo livello (almeno 60 crediti) o scuole di specializzazione post-laurea.

Al secondo livello si collocano i corsi di laurea specialistica. Essi durano due anni e prevedono l'acquisizione di 120 crediti. Con la laurea specialistica si consegue un titolo che assicura una formazione di livello avanzato per l'esercizio di attività di elevata qualificazione in ambiti specifici. Per essere ammessi ad un corso di laurea specialistica occorre essere in possesso della laurea di 1°livello.

Classi

Sono dei contenitori dei corsi di studio dello stesso livello: riuniscono corsi aventi uguali obiettivi qualificanti, gli stessi vincoli nazionali e identico valore legale. Il nome e il numero delle classi sono fissati da norme nazionali. Ogni università può istituire, all'interno di una classe, uno o più corsi cui stabilirà autonomamente i nomi e, in parte, i programmi (curricula o percorsi).

Crediti formativi Universitari

Il credito formativo universitario (CFU) misura la quantità di attività di studio che è richiesto allo studente. Un credito corrisponde a 25 ore di lavoro che comprendono lezioni, esercitazioni, etc., ma anche lo studio a casa. Per ogni anno accademico, ad uno studente impegnato a tempo pieno nello studio è richiesta una quantità media di lavoro fissata in 60 crediti, ossia 1500 ore. Tutte le discipline del corso di laurea sono quotate in crediti; i crediti si acquisiscono con il superamento degli esami o delle altre forme di verifica stabilite dai regolamenti dei corsi di studio. *I crediti non sostituiscono i voti, non valutano il profitto: la qualità dello studio continuerà ad essere valutata con il voto, espresso in trentesimi per l'esame o la prova di altro genere, ed in centodecimi per la prova finale, con eventuale lode.*

I crediti consentono di comparare diversi sistemi di studio e valutare i contenuti dei programmi tra diversi corsi e diversi sistemi di studio e valutare i contenuti dei programmi tra diversi corsi e diverse università italiane ed europee. Essi facilitano così la possibilità di trasferirsi da un corso di studio a un altro, oppure da un'università a un'altra, anche straniera. I crediti acquisiti durante un corso di studio vengono riconosciuti per il proseguimento in altri percorsi di studio. Ad esempio, i crediti acquisiti con Laurea possono essere riconosciuti, tutti o in parte a seconda della corrispondenza delle attività formative, per la continuazione degli studi con una Laurea Specialistica.

Attività formative

Il quadro delle attività formative dei nuovi curricula di studio si arricchisce. Oltre alla tradizionale preparazione universitaria, i nuovi corsi di studio forniranno conoscenze finalizzate a favorire concretamente l'integrazione europea e il raccordo con il mondo del lavoro.

A tal fine, ogni curriculum, a prescindere dal corso di studio al quale si è iscritti, prevederà un certo numero di crediti dedicato alla conoscenza obbligatoria di una seconda lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano e conoscenze di tipo informatico, attività di tirocinio, stage.

Le attività formative che caratterizzano un corso di studio sono suddivise in diverse forme: didattica assistita (lezioni in aula, esercitazioni, seminari), studio individuale (studio di testi, elaborazione di relazioni, lavori di gruppo o individuali, attività di laboratorio, preparazione dell'esame), e attività svolte durante periodi di stage e tirocini.

Prove e voti

Per acquisire i CREDITI FORMATIVI assegnati alle ATTIVITÀ FORMATIVE è necessario il superamento da parte dello studente di una prova d'esame o di un'altra forma di verifica.

Le modalità della prova sono stabilite in modo autonomo da ogni singolo ateneo e vengono specificate nel Regolamento didattico del corso di studio: potranno consistere in prove scritte o orali, o giudizi di idoneità.

I crediti non sostituiscono il voto che continuerà ad essere espresso in trentesimi: 18 sarà la votazione minima, 30 quella massima con eventuale lode.

Il corso di Laurea si conclude con una prova finale.

Immatricolazioni

L'iscrizione alla facoltà di Ingegneria prevede un test di orientamento comune per tutti i Corsi di Laurea.

Test di orientamento

Il test d'orientamento, comune a tutti i corsi di laurea, si è tenuto alle ore 10:00 del 2 Settembre 2003.

La prova non ha carattere selettivo: il suo obiettivo è quello di offrire un primo strumento per saggiare le proprie potenzialità per affrontare gli studi di Ingegneria.

Per l'ammissione al test, il candidato ha dovuto versare, entro il 29 agosto 2003, un contributo di _ 42,00 presso qualunque sportello della Rolo Banca 1473 o presso una filiale accreditata della Banca Popolare dell'Emilia Romagna (elenco disponibile su www. unibo.it.

Entro il termine del 17 Ottobre 2003 gli studenti hanno dovuto effettuare il pagamento della prima rata di tasse e consegnare la dovuta documentazione in segreteria.

Per maggiori dettagli, si veda l'apposito documento informativo; ulteriori informazioni relative all'iscrizione e alla facoltà possono essere richieste al seguente indirizzo e-mail: info-point@mail.ing.unibo.it

Sbarramenti

Progressione della carriera

L'acquisizione di almeno diciotto CFU relativi agl'insegnamenti del primo anno di corso è necessaria, ai fini didattici, per il raggiungimento degli obbiettivi professionalizzanti di tutti gl'insegnamenti del secondo anno di corso. Qualora non abbia acquisito tali crediti entro la data fissata dal Regolamento studenti dell'Ateneo, lo Studente sarà iscritto come ripetente del primo anno di corso.

Requisiti per l'accesso alle lauree specialistiche

Per immatricolarsi alle Lauree Specialistiche attivate

INGEGNERIA DEI SISTEMI E DELLE TECNOLOGIE DELL'INFORMAZIONE
INGEGNERIA BIOMEDICA
INGEGNERIA AEROSPAZIALE
INGEGNERIA MECCANICA

è necessario essere in possesso di una laurea (del vecchio ordinamento o triennale) che soddisfi i requisiti per l'accesso indicati di seguito.

Il titolo di laurea deve essere conseguito entro il 31 marzo 2003.

Le immatricolazioni, dopo la verifica dei requisiti d'accesso, devono essere fatte entro il 31 dicembre 2002. Le immatricolazioni degli studenti non ancora in possesso del titolo di laurea sono fatte sotto condizione del conseguimento del titolo nel termine indicato.

INGEGNERIA BIOMEDICA

Per iscriversi alla Laurea Specialistica in Ingegneria Biomedica è necessario il possesso di almeno uno dei seguenti requisiti curriculari:

1) Laurea appartenente alla Classe 9 o alla Classe 10, conseguita presso una Università italiana

2) Laurea quinquennale in Ingegneria (Tabella XXIX), conseguita presso una Università italiana

3) Laurea o Laurea Specialistica, conseguita presso una Università italiana, e almeno 120 CFU acquisiti in un qualunque corso universitario nei settori scientifico-disciplinari appartenenti alle Aree 01, 02, 03, 05, 08 e 09 del D.M. 4/10/2000.

4) Titolo accademico finale conseguito all'estero dopo almeno 15 anni di scolarità.

INGEGNERIA DEI SISTEMI E DELLE TECNOLOGIE DELL'INFORMAZIONE

Per iscriversi alla Laurea Specialistica in Ingegneria dei Sistemi e delle Tecnologie dell'Informazione è necessario il possesso di almeno uno dei seguenti requisiti curriculari:

1. Laurea appartenente alla Classe 9, conseguita presso una Università italiana

2. Laurea quinquennale in Ingegneria (Tabella XXIX), conseguita presso una Università italiana

3. Laurea o Laurea Specialistica, conseguita presso una Università italiana, e almeno 100 CFU acquisiti in un qualunque corso universitario nei settori scientifico-disciplinari specificati per la classe 9 dal D.M. sulla determinazione delle lauree universitarie, relativamente alle attività formative di base e caratterizzanti dei Corsi di Laurea dell'Ingegneria dell'Informazione.

4. Titolo accademico finale conseguito all'estero dopo almeno 15 anni di scolarità

INGEGNERIA AEROSPAZIALE

Per iscriversi alla Laurea Specialistica in Ingegneria Aerospaziale è necessario il possesso di almeno uno dei seguenti requisiti curriculari:

1. Laurea in Ingegneria Aerospaziale conseguita presso una Università italiana

2. Laurea in Ingegneria Meccanica conseguita presso una Università italiana

3. Laurea o Laurea Specialistica, conseguita presso una Università italiana, e almeno 100 CFU acquisiti in un qualunque corso universitario nei settori scientifico-disciplinari indicati fra le attività di base (A) o caratterizzanti (B) dal Regolamento Didattico della laurea in Ingegneria Aerospaziale dell'Università di Bologna;

4. Laurea quinquennale in Ingegneria (Tabella XXIX), conseguita presso una Università italiana;

5. Titolo accademico finale conseguito all'estero dopo almeno 15 anni di scolarità.

INGEGNERIA MECCANICA

Per iscriversi alla Laurea Specialistica in Ingegneria Meccanica - Sede di Forlì - è necessario il possesso di uno dei seguenti requisiti curriculari:

1. Laurea in Ingegneria Meccanica conseguita presso una Università italiana

2. Laurea in Ingegneria Aerospaziale conseguita presso una Università italiana

3. Laurea o Laurea Specialistica, conseguita presso una Università italiana, e almeno 100 CFU acquisiti in qualunque corso universitario nei Settori Scientifico-Disciplinari indicati fra le attività di base (a) o caratterizzanti (b) dal Regolamento Didattico della Laurea in Ingegneria Meccanica dell'Università di Bologna - Sede di Forlì.

4. Laurea quinquennale in Ingegneria (Tabella XXIX) conseguita presso una Università italiana

5. Titolo accademico finale conseguito all'estero dopo almeno 15 anni di scolarità.

Opzioni

Lo studente già iscritto ai corsi di laurea tradizionali potrà concludere gli studi secondo l'ordinamento di appartenenza oppure optare per i corsi di laurea riformati esercitando il diritto di opzione entro il 31 ottobre 2002 e comunque entro 3 anni dall'attivazione dei nuovi ordinamenti.

In seguito all'opzione la carriera dello studente viene convertita in crediti in base alle tabelle di conversione approvate dai Consigli di corso di studio. Lo studente optante potrà sostenere gli esami del vecchio ordinamento fino al 31 ottobre 2002.

Svolgimento della carriera

Fino al conseguimento del titolo accademico, lo studente deve iscriversi senza soluzione di continuità a tutti gli anni di corso previsti dal percorso scelto.

L'iscrizione ad anni di corso successivi al primo avviene con il pagamento della prima rata di tasse, mediante avviso di pagamento che include la domanda. Le relative informazioni sono trasmesse e registrate solo su supporto informatico.

- ISCRIZIONE TARDIVA. La principale novità consiste nel fatto che l'iscrizione tardiva (dopo il 31 dicembre) non influisce più sulla normale progressione di carriera. In altre parole, chi ha titolo per iscriversi in corso, lo fa anche se paga la prima rata di tasse dopo il 31 dicembre. **Attenzione!** Sarà, però, assoggettata al pagamento di una **ulteriore** indennità di mora di euro 178,17. Resta fermo il principio per cui non si possono sostenere esami nella sessione dell'anno accademico per il quale non si è rinnovata l'iscrizione e che tale iscrizione in corso non è valida ai fini di ottenere i benefici previsti da Bandi ARSTUD e Università.

- ISCRIZIONE COME STUDENTE RIPETENTE. In alcuni corsi di studio la normale progressione della carriera è condizionata dal superamento di sbarramenti didattici. In questi casi, lo studente che non riesca a superare tali sbarramenti è iscritto di nuovo allo stesso anno di corso come ripetente (questi sono gli unici casi possibili di ripetenza in anni intermedi)

- ISCRIZIONE FUORI CORSO. Si iscrive fuori corso lo studente che si è già iscritto a tutti gli anni di corso previsti dal percorso didattico scelto e che, nei corsi a frequenza obbligatoria, ha ottenuto tutte le attestazioni di frequenza.

Passaggi ad altro Corso di Studi-Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Lo studente può passare ad altro corso di studi dell'Università degli Studi di Bologna, presentando domanda alla Segreteria studenti, redatta su apposito modulo in marca da bollo, entro il 1 dicenmbre 2003 per i corsi a libero accesso o nel periodo e con le modalità indicate nel bando di concorso per quelli a numero programmato.

Lo studente è tenuto al versamento della prima rata di tasse, qualora non sia stata già versata, dell'indennità di congedo e a regolarizzare eventuali posizioni debitoria

Trasferimenti ad altro Ateneo

Lo studente può trasferirsi presentando domanda alla Segreteria studenti, redatta su apposito modulo in marca da bollo, entro il 1 dicembre 2003, fatte salve eventuali diverse scadenze previste dai bandi limitatamente ai trasferimenti su corsi a numero programmato.

Lo studente non è tenuto al pagamento della prima rata di tasse per l'anno accademico successivo: È tenuto, invece, a versare un'indennità di congedo e a regolarizzare eventuali posizioni debitorie.

Decadenza

Gli iscritti ai corsi di studio attivati con la riforma, decadono dalla qualità di studente e dagli studi precedentemente effettuati se non acquiscono **almeno 30 crediti entro 5 anni solari successivi a quello dell'immatricolazione.** Inoltre, sono previsti ulteriori termini di decadenza differenziati per tipo di corso di studio.

* Gli iscritti ai **corsi di laurea triennali** decadono se non ottengono tutti i crediti previsti per il conseguimento del titolo, ad eccezione di quelli riservati alla prova finale, entro gli ulteriori 6 anni solari;

* Gli iscritti ai **corsi di laurea specialistica** decadono se non ottengono tutti i crediti previsti per il conseguimento del titolo, ad eccezione di quelli riservati alla prova finale, entro gli ulteriori 3 anni solari;

Tutti i termini sono incrementati di ulteriori 2 anni solari per lo studente lavoratore.

– IMMATRICOLAZIONE E RICONOSCIMENTO DEI CREDITI PER STUDENTI DECADUTI. Lo studente decaduto, qualora intenda iscriversi nuovamente a corsi di studio dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna è obbligato a immatricolarsi. Ha facoltà di richiedere che i crediti già acquisiti siano valutati dal Consiglio di Corso di studio ai fini di un possibile riconoscimento, parziale o completo.

Interruzioni di carriera

Lo studente che non abbia rinnovato l'iscrizione per almeno un anno accademico, qualora intenda proseguire gli studi, deve presentare apposita domanda di ricongiunzione della carriera ed è tenuto a versare, per ogni anno di interruzione, una tassa di ricognizione nella misura stabilita dagli Organi accademici.

Il versamento della tassa di ricognizione per un anno accademico in luogo dell'intera quota di iscrizione è dovuto per le domande prodotte a decorrere dal 1°gennaio dell'anno accademico successivo.

Gli anni di interruzione della carriera sono comunque computati ai fini della decadenza.

(Tali disposizioni si applicano anche a coloro che interrompono la carriera per iscriversi a corsi di studio all'estero al di fuori di progetti e convenzioni di collaborazione internazionale universitaria o ad Istituti di formazione militare italiani).

Lo studente già iscritto, che intenda proseguire gli studi in altro corso di studio di diverso livello dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna, prima di iscriversi al nuovo, deve interrompere gli studi in corso. Qualora lo stesso studente voglia riprendere in seguito gli studi interrotti, non è tenuto a versare la tassa di ricognizione.

Negli anni di interruzione, gli studenti non potranno compiere alcun atto di carriera relativamente al corso interrotto.

Rinuncia

Gli studenti che non intendono continuare gli studi intrapresi hanno facoltà di rinunciare agli stessi, ancorché non si sia verificata la decadenza. La rinuncia deve essere manifestata con atto scritto, redatto su apposito modulo in marca da bollo o carta legale, senza alcuna condizione, termine o clausola che ne restringano l'efficacia. Essa sarà irrevocabile e lo studente, pertanto, non potrà far rivivere in avvenire la sua precedente carriera scolastica già estinta per effetto della rinuncia. Lo studente rinunciatario non ha diritto ad alcun rimborso di tasse già pagate.

Diritti e doveri dello studente

L'Alma Mater Studiorum Università di Bologna assicura forme e strumenti di pubblicità dei procedimenti e delle decisioni assunte in merito alle carriere degli studenti.

L'Università, altresì, promuove la partecipazione degli studenti ai procedimenti relativi allo svolgimento della loro carriera.

Lo studente ha facoltà di sollecitare l'intervento del Garante d'Ateneo, nel caso in cui si ritenga leso nei propri diritti o interessi.

In ogni caso, avverso i provvedimenti relativi alla carriera degli studenti, è ammesso ricorso giurisdizionale al Tribunale Amministrativo Regionale dell'Emilia-Romagna.
(art. 18 – Nuovo Regolamento Studenti)

Gli studenti dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna durante il corso dei loro studi sono tenuti ad osservare comportamenti rispettosi della legge, dei regolamenti universitari, delle libertà e dei diritti di tutti i soggetti che svolgono la loro attività di lavoro o di studio all'interno delle strutture dell'Ateneo e ad astenersi dal danneggiamento dei beni di proprietà dell'Ateneo o di terzi, che anche temporaneamente vi si trovino.

Le violazioni delle norme di disciplina dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna comportano a carico dei trasgressori l'applicazione di provvedimenti disciplinari.

Nel caso di comportamenti degli studenti che possano integrare anche fattispecie di reato l'Alma Mater Studiorum Università di Bologna provvede tempestivamente ad informare l'Autorità Giudiziaria ed adotta i conseguenti provvedimenti previsti dalla legge.
(art. 19 – Nuovo Regolamento Studenti)

CALENDARIO

SEDI DI CESENA E DI FORLI'

Calendario delle lezioni

	inizio	fine
I ciclo	13 ottobre 2003	13 dicembre 2003
II ciclo	19 gennaio 2004	20 marzo 2004
II ciclo	19 aprile 2004	19 giugno 2004

Vacanze Natalizei: 22 dicembre 2003 – 6 gennaio 2004
Vacanze pasquali: 8-13 aprile 2004

Calendario esami di profitto

I periodo	15 dicembre 2003 - 19 dicembre 2003 07 gennaio 2004 - 16 gennaio 2004
II periodo	22 marzo 2004 - 07 aprile 2004 14 aprile 2004 - 16 aprile 2004
III periodo	21 giugno 2004 - 30 luglio 2004 01 settembre 2004 - 30 settembre 2004

Calendario esami di laurea triennale

SEDE di Cesena

AA. 2002/2003

II sessione	15 ottobre 2003	18 dicembre 2003
III sessione	18 marzo 2004	

AA. 2003/2004

I sessione	23 giugno 2004	28 luglio 2004
II sessione	13 ottobre 2004	16 dicembre 2004
III sessione	22 marzo 2005	

SEDE di Forlì

AA. 2002/2003

II sessione	23 ottobre 2003	11 dicembre 2003
III sessione	12 febbraio 2004	18 marzo 2004

AA. 2003/2004

I sessione	23 giugno 2004	28 luglio 2004
II sessione	13 ottobre 2004	16 dicembre 2004
III sessione	22 marzo 2005	

Calendario esami di laurea specialistica

SEDE di Cesena e Forlì
A.A. 2003/2004

I sessione	28 luglio 2004	
II sessione	13 ottobre 2004	16 dicembre 2004
III sessione	22 marzo 2005	

Corso di laurea in **Ingegneria Aerospaziale**
Classe **10 – Ingegneria Industriale**
Facoltà **II Ingegneria – Sede di Forlì**

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Gianni Bertoni

Obiettivi formativi qualificanti

I Laureati nei corsi di laurea della CLASSE "INGEGNERIA INDUSTRIALE" dovranno:

- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria;
- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi delle scienze dell'ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli di una specifica area dell'ingegneria industriale, nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere i problemi utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati;
- essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per la progettazione di componenti, sistemi, processi;
- essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne ed interpretarne i dati;
- essere capaci di comprendere l'impatto delle soluzioni ingegneristiche nel contesto sociale e fisico-ambientale;
- conoscere le proprie responsabilità professionali ed etiche;
- conoscere i contesti aziendali ed e la cultura d'impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi;
- conoscere i contesti contemporanei;
- avere capacità relazionali e decisionali;
- essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in almeno una lingua dell'Unione Europea, oltre l'italiano;
- possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze.

Obiettivi formativi specifici

I laureati in Ingegneria Aerospaziale svolgeranno attività professionali in diversi ambiti, quali la progettazione assistita, la produzione, la gestione ed organizzazione, l'assistenza delle strutture tecnico-commerciali, sia nella libera professione che nelle imprese manifatturiere o di servizi e nelle amministrazioni pubbliche. In particolare la formazione riguarda figure professionali:

- aventi funzioni di responsabilità nel campo della pianificazione dell'uso degli aeromobili, della condotta del volo, del controllo del traffico aereo, della gestione della flotta aerea anche dal punto di vista strettamente tecnico (manutenzione, aggiornamento del velivolo e dei suoi impianti, ecc.);
- che possano essere inserite nelle aziende aeronautiche (o comunque a tecnologia avanzate) con responsabilità nella gestione del sistema di qualità, di sistemi di produzione, nel campo

della manutenzione e degli aeromobili;
- aventi conoscenza degli strumenti e delle procedure previste delle maggiori organizzazioni preposte alla aviazione civile con funzioni di comunicazioni, navigazione e sorveglianza.

I principali sbocchi occupazionali sono: industrie aeronautiche e spaziali; enti pubblici e privati per la sperimentazione in campo aerospaziale; aziende di trasporto aereo; enti per la gestione del traffico aereo; aeronautica militare e settori aeronautica di altre armi; industrie per la produzione di macchine ed apparecchiatura dove sono rilevanti l'aerodinamica e le strutture leggere.

I Anno

CICLO	INSEGNAMENTO	CFU
1	Analisi Matematica L-A	6
	Fondamenti di informatica L	6
	Diritto della Navigazione Aerea L	5
	Lingua Inglese	3
2	Fisica generale L-A	6
	Geometria e Algebra L	6
	Analisi Matematica L-B	6
3	Fisica generale L-B	6
	Meccanica Razionale L	6
	Disegno tecnico aerospaziale L	6
	LABORATORIO	
3	Laboratorio di Analisi Numerica	3
	TOTALE ESAMI = 9 **TOTALE CFU**	**59**

II Anno

CICLO	INSEGNAMENTO	CFU
1	Fluidodinamica L	9
	Macchine L	5
2	Elettrotecnica L	6
	Comportamento meccanico dei materiali L	6
	Controllo automatici L	9
3	Meccanica del volo L	9
	Elettronica L	6
	Insegnamento caratterizzante (v. scelta guidata)	6
	TOTALE ESAMI = 8 **TOTALE CFU**	**56**

III Anno

CICLO	INSEGNAMENTO	CFU
1	Economia e organizzazione aziendale L	6
	Aerodinamica degli aeromobili L	6
2	Impianti Aerospaziali L	5
	Costruzioni aeronautiche L	9
3	Propulsione aerospaziale L	9
	2° Insegnamento caratterizzante (v. scelta guidata)	5/6
	Insegnamenti a scelta (v. scelta guidata)	10
	Laboratorio a scelta (v. scelta guidata)	3
	Una attività a scelta tra: - Tirocinio - Addestramento al volo - Due laboratori (a scelta tra tutti quelli attivati)	6
	Prova finale	6
	TOTALE ESAMI = 8 **TOTALE CFU**	**65/66**

Scelta guidata: 1 (Base)

II Anno

CICLO	1° Insegnamento caratterizzante	CFU
1	Fondamenti di Chimica L	6

III Anno

CICLO	2° Insegnamento caratterizzante	CFU
1	Tecnologia delle costruzioni aeronautiche L	5
CICLO	**Insegnamenti a scelta (D)**	**CFU**
	Corsi a libera scelta per un totale di 10 CFU	10
CICLO	**Laboratorio a scelta tra:**	**CFU**
	Laboratorio di Aerodinamica sperimentale	3
	Laboratorio di propulsione	3
	Laboratorio di costruzione aeronautiche	3
	Totale crediti corso di studio	**180**

Scelta guidata: 2

II Anno

CICLO	1° Insegnamento caratterizzante	CFU
1	Fondamenti di Chimica L	6

III Anno

CICLO	2° Insegnamento caratterizzante	CFU
1	Meccanica applicata alle macchine L	6
CICLO	**Insegnamenti a scelta (D)**	**CFU**
2	Disegno assistito dal calcolatore L	5
1	Tecnologia delle costruzioni aeronautiche L	5
CICLO	**Laboratorio a scelta tra:**	**CFU**
	Laboratorio di Aerodinamica sperimentale	3
	Laboratorio di propulsione	3
	Laboratorio di costruzioni aeronautiche	3
	Totale crediti corso di studio	**181**

Scelta guidata: 3

II Anno

CICLO	1° Insegnamento caratterizzante	CFU
1	Fondamenti di Chimica L	6

III Anno

CICLO	2° Insegnamento caratterizzante	CFU
1	Scienza dei metalli L	5
CICLO	**Insegnamenti a scelta (D)**	**CFU**
1	Tecnologia delle costruzioni aeronautiche L	5
3	Affidabilità e sicurezza delle costruz. meccaniche L	5
CICLO	**Laboratorio**	**CFU**
	Laboratorio di Diagnostica strutturale	3
	Totale crediti corso di studio	**181**

Scelta guidata: 4

II Anno

CICLO	1° Insegnamento caratterizzante	CFU
3	Dinamica del voto spaziale e Strumentazione aerospaziale L	6

III Anno

CICLO	2° Insegnamento caratterizzante	CFU
3	Navigazione Aerea L	6
CICLO	**Insegnamenti a scelta (D)**	**CFU**
1	Avionica e sistemi di radiocomunicazione L	5
3	Gestione della circolazione aerea e Meteorologia	5
CICLO	**Laboratorio**	**CFU**
	Laboratorio di simulazione del volo e gestione traffico aereo	3
	Totale crediti corso di studio	**181**

Corso di laurea in **Ingegneria Biomedica**
Classe di appartenenza **9 – Ingegneria dell'Informazione**
Facoltà **II Ingegneria – sede di Cesena**

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Gianni Gnudi

Obiettivi formativi qualificanti

Il Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica ha l'obiettivo di fornire ai laureati le seguenti conoscenze e capacità:

- conoscenza degli aspetti metodologico-operativi di base delle scienze matematiche, fisiche, chimiche e biologiche;
- conoscenza degli aspetti metodologico-operativi delle discipline di ingegneria rilevanti per le applicazioni biomediche;
- capacità di identificare, formulare e risolvere i problemi rilevanti per l'ingegneria biomedica mediante metodi, tecniche e strumenti aggiornati;
- capacità di utilizzare tecniche e strumenti per la progettazione di componenti, sistemi, processi rilevanti per l'ingegneria biomedica;
- capacità di condurre esperimenti e analizzarne i risultati;
- capacità di comprendere l'interazione tra apparecchiature/strumentazione/materiali e fenomeni biologici
- capacità di comprendere l'impatto della tecnologia e delle soluzioni tecniche nel contesto sociale e ambientale;
- conoscenza e comprensione delle responsabilità professionali e dei fattori etici;
- conoscenza e comprensione dei problemi di sicurezza e delle normative relative;
- conoscenza e comprensione relative alla qualità dei servizi/prodotti forniti;
- conoscenza e comprensione dei contesti aziendali e della cultura d'impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi;
- conoscenza dei contesti contemporanei e capacità relazionali e decisionali;
- capacità di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in italiano ed in almeno un'altra lingua dell'Unione Europea;
- capacità di aggiornare le proprie conoscenze, anche attraverso lo studio individuale.

Obiettivi formativi specifici

1. Il C.L. in Ingegneria Biomedica ha l'obiettivo di fornire agli studenti la padronanza di contenuti scientifici e metodi generali, adeguata ad acquisire specifiche conoscenze professionali

negli ambiti multidisciplinari afferenti all'ingegneria biomedica. Il processo di formazione è quindi progettato in modo da delineare figure professionali polivalenti in possesso di una solida cultura tecnico-biologica, basata sull'integrazione tra ingegneria dell'informazione, ingegneria industriale e cultura medico-biologica. Su queste basi si intende costruire una figura professionale in grado di inserirsi nel variegato mondo del lavoro e delle professioni, a cavallo tra tecnologie avanzate e problematiche medico-biologiche, ed abbia gli strumenti per orientarsi tra le successive possibilità di approfondimento culturale. È prevista infatti una consistente ed articolata offerta didattica di tipo avanzato (laurea specialistica, dottorato di ricerca) con particolare attenzione alla collaborazione con il mondo industriale, sanitario ed al confronto scientifico internazionale.

2. Gli ambiti professionali tipici dei laureati in ingegneria biomedica sono estremamente variegati e in rapido divenire. Nei prossimi decenni si assisterà ad una fase di accelerato sviluppo in cui l'intreccio tra attività produttive e salute dell'uomo diventerà sempre più centrale nell'organizzazione sociale e quindi nel mondo industriale e dei servizi. Ai laureati in ingegneria biomedica, per le loro competenze di confine tra tecnologia e biologia si rivolgeranno interlocutori di varia natura (nella sanità, nell'industria, nei servizi ecc.) che si troveranno necessariamente a dover quantificare, controllare, ottimizzare l'impatto delle tecnologie sui fenomeni biologici e sull'uomo.

3. I principali sbocchi occupazionali dei laureati in ingegneria biomedica sono: i servizi di ingegneria biomedica (o ingegneria clinica/tecnologie biomediche) nelle strutture sanitarie pubbliche e private, nel mondo dello sport, dell'esercizio fisico e dell'intrattenimento; le società di servizi per la gestione di apparecchiature ed impianti biomedici; le industrie di produzione e commercializzazione di apparecchiature per la prevenzione/ diagnosi/ cura/ riabilitazione/ monitoraggio, di materiali speciali, di dispositivi impiantabili e portabili, di protesi/ortesi, di sistemi robotizzati per applicazioni biomediche; la telemedicina e le applicazioni telematiche alla salute; l'informatica medica relativamente ai sistemi informativi sanitari ed al software di elaborazione di dati biomedici e bioimmagini.

I ciclo			II ciclo			III ciclo		
Insegnamento/Attività formativa	crediti	tip	Insegnamento/Attività formativa	crediti	tip	Insegnamento/Attività formativa	crediti	tip
1° anno								
Analisi matematica L-A	6	A	Analisi matematica L-B	6	A	Elettrotecnica L-A	6	B
Geometria ed algebra L-A	6	A	Fisica generale L-A	6	A	Fisica generale L-B	6	A
Fondamenti di informatica L-A	6	A	Reti logiche L-A	6	B	Fondamenti di chimica L	6	C
Lingua straniera: inglese	3	E						
tot crediti	21			18			18	57

2° anno								
Controlli automatici L-A	6	C	Elettronica L-A	6	B	Elettronica L-B	6	C
Matematica applicata L-A	6	C	Comunicazioni elettriche L-A	6	C	Bioingegneria L	6	B
Fisiologia L-A	6	C	Fisica tecnica L-A	6	B	Biomeccanica L	6	B
			Fisiologia L-B[1]	6	C			
tot crediti	18			24			18	60

3° anno								
Laboratorio di Bioingegneria L-A[3]	6	B	Strumentazione biomedica L	6	B	Fondamenti di Informatica L-B	6	B
Biomateriali L	6	B	Laboratorio di Bioingegneria L-B o Lingua straniera: inglese B	3	F	Tirocinio o Cultura d'impresa L	6	F
Comportamento meccanico dei materiali L-A [2]	6	C	Ingegneria clinca L	6	B	Economia e organizzazione aziendale L-A	6	C
Attività formative a scelta libera[4]							9	D
						Prova finale	6	E
tot crediti	15			15			33	63

(1) Fisiologia L-B è l'unico insegnamento attivato, fra quelli opzionali della Scelta Guidata n.1, indicati nella Tabella 3a del Regolamento Didattico di Corso di Studio. La Scelta Guidata n. 2, indicata nella Tabella 3b del Regolamento Didattico di Corso di Studio, non è attivata.
(2) Questo insegnamento è l'unico attivato fra quelli a scelta guidata elencati nella Tabella 4 del Regolamento didattico di Corso di Studio.
(3) Questo insegnamento è sostituito da Laboratorio di Bioingegneria TL (4 CFU) per gli studenti che hanno in carriera Fondamenti di Chimica L-A (5 CFU), anzichè Fondamenti di Chimica L (6 CFU).
(4) Attività formative consigliate per la scelta libera, attivate in Corsi di Laurea della II Facoltà di Ingegneria, sede di Cesena;

Analisi Matematica L-C	6	A	Elettronica industriale L-A	6	D	Controlli automatici L-B	6	D
Calcolo numerico L-A	3	D						
Ricerca operativa L-A	6	D						
Gestione della qualità L-A	6	D						
Calcolatori elettronici L-A	6	D						

Corso di laurea in **Ingegneria delle Telecomunicazioni**
Classe **9 – Ingegneria dell'Informazione**
Facoltà **II Ingegneria – Sede di Cesena**

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Marco Chiani

Obiettivi formativi qualificanti

I laureati in Ingegneria delle Telecomunicazioni dovranno:

- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria;
- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi delle scienze dell'ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli dell'ingegneria delle Telecomunicazioni nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere i problemi utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati;
- essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per la progettazione di componenti, sistemi, processi;
- essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne e interpretarne i dati;
- conoscere i contesti aziendali e la cultura d'impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi; avere capacità relazionali e decisionali;
- essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, oltre che in italiano anche in lingua inglese;
- possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze ed essere capaci di apprendere attraverso lo studio individuale.

Obiettivi formativi specifici

La Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni si pone l'obiettivo specifico di formare figure professionali in grado di coprire ruoli tecnici e tecnico/organizzativi in contesti che richiedono la conoscenza degli aspetti metodologico-operativi delle scienze di base e dell'ingegneria, con privilegio degli aspetti specifici dell'ambito delle telecomunicazioni senza tralasciare gli aspetti generali.

I laureati verranno a conoscenza delle principali caratteristiche delle tecniche, degli apparati, dei sistemi e delle infrastrutture riguardanti l'acquisizione, l'elaborazione ed il trasporto delle informazioni e la loro utilizzazione in applicazioni e servizi di telecomunicazione.

La preparazione sarà integrata da esperienze di laboratorio, elementi di cultura aziendale contemporanea forniti tramite seminari, lezioni, e/o tirocinio, e da adeguate conoscenze di lingua straniera.

Il profilo formativo del laureato in Ingegneria delle Telecomunicazioni consente di operare nei settori della progettazione, ingegnerizzazione, produzione, esercizio e manutenzione dei sistemi di telecomunicazioni, nonché in settori adiacenti quali quelli caratterizzanti la classe dell'Ingegneria dell'Informazione.

Gli ambiti professionali tipici per i laureati sono le imprese pubbliche e private manifatturiere e di servizi, le strutture tecnico-commerciali, le amministrazioni pubbliche, gli enti normativi e di controllo.

Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 50 per cento dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

1° anno								
I ciclo			II ciclo			III ciclo		
Analisi matematica L-A	6	A	Analisi matematica L-B	6	A	Elettrotecnica L-A	6	C
Geometria e algebra L-A	6	A	Fisica generale L-A	6	A	Fisica generale L-B	6	A
Fondamenti di informatica L-A	6	A	Reti logiche L-A	6	B	Fondamenti di informatica L-B	6	A
Lingua straniera: Inglese				3	E			
Lingua straniera: Inglese B				3	F			

2° anno								
Controlli automatici L-A	6	B	Elettronica L-A	6	B	Elettronica L-B	6	B
Analisi matematica L-C	6	A	Comunicazioni elettriche L-A	6	B	Comunicazioni elettriche L-B	6	B
Matematica applicata L-A	6	C	Propagazione L-A	6	B	Sistemi operativi L-A	6	B
Calcolatori elettronici L-A	6	B						

III anno								
Campi elettromagnetici L-A	6	B	***Due insegnamenti da Tabella A***	12	B	Tirocinio/Cultura d'impresa L-A	6	F
Sistemi di telecomunicazioni L-A	6	B				Economia e Organiz. aziendale L-A	6	C
Reti di telecomunicazioni L-A	6	B						
						Un insegnamento da Tabella B	3	B
Prova finale							6	E
Scelta							9	D

Tabella A: due insegnamenti a scelta (*)								
			Consigliati per indirizzo applicativo			Laboratorio di Elaborazione Numerica dei Segnali L-A	3	B
			Un insegnamento a scelta fra i seguenti:			Laboratorio di Reti di Telecomunicazioni L-A	3	B
			Sistemi di Telecomunicazioni L-B	6	B			
			Reti di Telecomunicazioni L-B*	6	B			
			Microonde L-A	6	B			

			Antenne L-A	6	B			
			Consigliati per indirizzo ICT					
			Elettronica dei Sistemi Digitali L-A	6	B			
			Reti di Calcolatori L-A	6	B			
(*) Insegnamenti non attivati nell'A.A. 2003-04								
Tabella C: insegnamenti a scelta libera consigliati (9 CFU)								
			Gli insegnamenti di tabella A non già indicati per la scelta guidata	6	(*secondo ciclo*)			
			L'insegnamento di tabella B non già indicato per la scelta guidata	3	(*terzo ciclo*)			
			Calcolo Numerico L-A	3	(*primo ciclo*)			
			Ricerca Operativa L-A	6	(*primo ciclo*)			
			Sistemi Informativi L-A	6	(*secondo ciclo*)			
			Controlli Automatici L-B	6	(*terzo ciclo*)			

Corso di laurea in **Ingegneria Elettronica**
Classe **9 – Ingegneria dell'Informazione**
Facoltà **II Ingegneria – sede di Cesena**

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Enrico Sangiorgi

Obiettivi formativi qualificanti

I laureati in Ingegneria Elettronica dovranno:

- Conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria.
- Conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi delle scienze dell'ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli dell'Ingegneria elettronica nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere i problemi utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati.
- Essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per la progettazione di componenti, sistemi, processi.
- Essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne e interpretarne i dati.
- Conoscere i contesti aziendali e la cultura d'Impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi; avere capacità relazionali e decisionali.
- Essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, oltre che in italiano, anche in inglese.
- Possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze, ed essere capaci di apprendere attraverso lo studio individuale.

Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 50 per cento dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

Obiettivi formativi specifici

La Laurea in Ingegneria Elettronica ha l'obiettivo specifico di formare figure professionali in grado di coprire ruoli tecnici e tecnico/organizzativi in contesti che richiedono la conoscenza degli aspetti metodologico-operativi delle scienze di base e dell'ingegneria, con privilegio degli aspetti specifici dell'ambito dell'elettronica senza tralasciare gli aspetti generali.

I laureati verranno a conoscenza delle principali caratteristiche e degli strumenti di base per il progetto di componenti, sistemi e processi. La preparazione sarà completata e integrata da esperienze di laboratorio, elementi di cultura aziendale contemporanea forniti tramite seminari, lezioni, e/o tirocinio, e da adeguate conoscenze di lingua straniera.

Il profilo formativo del laureato in Ingegneria elettronica consente di operare nei settori della progettazione, sviluppo, ingegnerizzazione, produzione, esercizio e manutenzione dei sistemi elettronici, nonché in settori adiacenti quali quelli caratterizzanti la Classe dell'Ingegneria dell'Informazione.

Gli ambiti professionali tipici del laureato in Ingegneria elettronica sono le Aziende di progettazione e produzione di componenti, apparati e sistemi elettronici ed optoelettronici, le Industrie manifatturiere, le strutture tecnico-commerciali, gli enti normativi e di controllo, i settori delle Amministrazioni pubbliche e delle Imprese di servizi che applicano tecnologie e infrastrutture elettroniche per il trattamento, la trasmissione e l'impiego di segnali in ambito civile, industriale e dell'informazione.

Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 50% dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

1° anno								
I ciclo	cfu	tip	II ciclo	cfu	tip	III ciclo	cfu	tip
Analisi matematica L-A	6	A	Analisi matematica L-B	6	A	Elettrotecnica L-A	6	C
Geometria e algebra L-A	6	A	Fisica generale L-A	6	A	Fisica generale L-B	6	A
Fondamenti di informatica L-A	6	A	Reti logiche L-A	6	B	Fondamenti di informatica L-B	6	B
Lingua straniera: Inglese				3	E			
Lingua straniera: Inglese B				3	F			
	18			24			18	60

indicativo, per il 2° anno (A.A. 2004/2005)								
Controlli automatici L-A	6	B	Elettronica L-A	6	B	Elettronica L-B	6	B
Matematica applicata L-A	6	C	Comunicazioni elettriche L-A	6	B	Comunicazioni elettriche L-B	6	B
Calcolatori Elettronici L-A	6	B	Propagazione L-A	6	B	Economia e Organiz. aziendale L-A	6	C
						Laboratorio di Elettronica L-A	3	B
	18			18			15	57

indicativo per il 3° anno (A.A. 2005/2006). Scelta guidata 1 (Percorso applicativo)								
Misure Elettroniche L-A	6	B	Elettronica L-C	6	B	Tirocinio/Cultura d'impresa L-A	6	F
Campi Elettromagnetici L-A	6	B	Elettronica dei Sistemi Digitali L-A	6	B			
Fondamenti di Chimica L-A	6	A	Elettronica L-D/Elettronica Inudstriale L-A	6	B			
Geometria L-B & Calcolo Numerico L-A/Gestione della Qualità L-A	6	C	Laboratorio di Informatica L	1	B			
A scelta (*)							9	D
						Prova finale	6	E
	23			19			21	63

indicativo per il 3° anno (A.A. 2005/2006). Scelta guidata 2 (Percorso sistemico)								
Reti di Telecomunicazioni L-A	6	B	Elettronica L-C	6	B	Tirocinio/Cultura d'impresa	6	F
Campi Elettromagnetici L-A	6	B	Elettronica dei Sistemi Digitali L-A	6	B	Sistemi Operativi L-A	6	B
Analisi Matematica L-C	6	A	Reti di Calcolatori L-A	6	B			
A scelta (*)							9	D
						Prova finale	6	E
	18			18			27	63

Le attività formative della tipologia D sono scelte autonomamente dallo studente. La collocazione nei cicli dipende dagli insegnamenti scelti.

per gli studenti che si iscrivono al secondo anno nell'a.a. 2003:2004 1° anno								
I ciclo	cfu	tip	II ciclo	cfu	tip	III ciclo	cfu	tip
Analisi matematica L-A	6	A	Analisi matematica L-B	6	A	Elettrotecnica L-A	6	C
Geometria e algebra L-A	6	A	Fisica generale L-A	6	A	Fisica generale L-B	6	A
Fondamenti di informatica L-A	6	A	Reti logiche L-A	6	A	Fondamenti di informatica L-B	6	B
Lingua straniera: Inglese				3	E			
Lingua straniera: Inglese B				3	F			
	18			24			18	60

2° anno								
Controlli automatici L-A	6	B	Elettronica L-A	6	B	Elettronica L-B	6	B
Matematica applicata L-A	6	C	Comunicazioni elettriche L-A	6	B	Comunicazioni elettriche L-B	6	B
Calcolatori Elettronici L-A	6	B	Propagazione L-A	6	B	Economia e Organiz. aziendale L-A	6	C
						Laboratorio di Elettronica L-A	3	B
	18			18			21	57

Il secondo anno è comune a tutti i percorsi.

indicativo per il 3° anno (A.A. 2004/2005). Scelta guidata 1 (Percorso applicativo)								
Misure Elettroniche L-A	6	B	Elettronica L-C	6	B	Tirocinio/Cultura d'impresa	6	F
Campi Elettromagnetici L-A	6	B	Elettronica dei Sistemi Digitali L-A	6	B			
Fondamenti di Chimica L-A	6	A	Elettronica L-D/Elettronica Inudstriale L-A	6	B			
Gestione della qualità L-A	6	C	Laboratorio di informatica L	1	B			
A scelta (**)							9	D
						Prova finale	6	E
	23			19			21	63

indicativo per il 3° anno (A.A. 2004/2005). Scelta guidata 2 (Percorso sistemistico)								
Reti di Telecomunicazioni L-A	6	B	Elettronica L-C	6	B	Tirocinio/Cultura d'impresa	6	F
Campi Elettromagnetici L-A	6	B	Elettronica dei Sistemi Digitali L-A	6	B	Sistemi Operativi L-A	6	B
Analisi Matematica L-C	6	A	Reti di Calcolatori L-A	6	B			
A Scelta (**)							9	D
						Prova finale	6	E
	18			18			27	63

(**) Le attività formative della tipolofia D sono scelte autonomamente dallo studente. La collocazione nei cicli dipend dagli insegnamenti scelti.

per gli studenti che si iscrivono al terzo anno nell'a.a. 2003/2004 1° anno								
I ciclo	cfu	tip	II ciclo	cfu	tip	III ciclo	cfu	tip
Analisi matematica L-A	6	A	Analisi matematica L-B	6	A	Elettrotecnica L-A	6	C
Geometria e algebra L-A	6	A	Fisica generale L-A	6	A	Fisica generale L-B	6	A
Fondamenti di informatica L-A	6	A	Reti logiche L-A	6	B	Fondamenti di informatica L-B	6	B
Lingua straniera: Inglese L-A				3	E			
Lingua straniera: Inglese B				3	F			
	18			24			18	60

2° anno (frequentato nell'A.A. 2001-02)								
I ciclo	cfu	tip	II ciclo	cfu	tip	III ciclo	cfu	tip
Controllo automatici L-A	6	B	Elettronica L-A	6	B	Elettronica L-B	6	B
Matematica applicata L-A	6	C	Comunicazioni elettriche L-A	6	B	Comunicazioni Elettriche L-B	6	B
Calcolatori elettronici L-A	6	B	Propagazione L-A	6	B	Economia e organizzazione aziendale L-A	6	C
						Laboratorio di Elettronica L-A	3	B
	18			18			21	57

Il secondo anno è comune a tutti i percorsi.

Scelta guidata 1 (Percorso applicativo)								
I ciclo	cfu	tip	II ciclo	cfu	tip	III ciclo	cfu	tip
Misure Elettroniche L-A	6	B	Elettronica L-C	6	B	Tirocinio/Cultura d'impresa	6	F
Campi Elettromagnetici L-A	6	B	Elettronica dei Sistemi Digitali L-A	6	B			
Fondamenti di Chimica L-A	6	A	Elettronica L-D/Elettronica Inudstriale L-A	6	B			
Gestione della qualità L-A	6	C	Laboratorio di Informatica L	1	B			
			A scelta (**)				9	D
						Prova finale	6	E
	23			19			21	63

Scelta guidata 2 (Percorso sistemistico)								
Reti di Telecomunicazioni L-A	6	B	Elettronica L-C	6	B	Tirocinio/Cultura d'impresa	6	F
Campi Elettromagnetici L-A	6	B	Elettronica dei Sistemi Digitali L-A	6	B	Sistemi Operativi L-A	6	B
Analisi Matematica L-C	6	A	Reti di Calcolatori L-A	6	B			
			A Scelta (**)				9	D
						Prova finale	6	E
	18			18			27	63

(**) Le attività formative della tipolofia D sono scelte autonomamente dallo studente. La collocazione nei cicli dipend dagli insegnamenti scelti.
Si segnalano, per una eventuale scelta, i seguenti moduli disponibili nell'ambito della programmazione dei Piani degli Studi dei Corsi di laurea dell'Ingegneria informatica, ingegneria delle Telecomunicazioni e Ingegneria biomedica

Ricerca Operativa L-A	6		Strumentazione biomedica L	6	v	Strumentazione Elettronica L-A	6	
Reti di Telecomunicazioni L-A	6		Sistemi Informativi L-A	6	v	Controlli Automatici L-B	6	
			Ingegneria del software L-A	6	v	Bioingegneria L-A	6	
			Microonde L-A	6	v	Laboratorio di Elaborazione Numerica dei Segnali L-A	3	
						Laboratorio di gestione informatizzata dei processi L	3	
						Laboratorio di simulazione e ottimizzazione L	3	
						Sistemi distribuiti L-A	6	
						Sistemi operativi L-A	6	

Corso di laurea in **Ingegneria Informatica**
Classe **9 – Ingegneria dell'Informazione**
Facoltà **II Ingegneria – Sede di Cesena**

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Antonio Natali

Obiettivi formativi qualificanti

I laureati in Ingegneria informatica dovranno:

- Conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria.
- Saper identificare, formulare e risolvere i problemi dell'ingegneria dell'informazione utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati.
- Essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per l'analisi e la progettazione delle componenti hardware e software di un sistema per l'elaborazione dell'informazione.
- Essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne e interpretarne i dati.
- Conoscere i contesti aziendali e la cultura d'Impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi; avere capacità relazionali e decisionali.
- Essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, oltre che in italiano, anche in inglese.
- Possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze, ed essere capaci di apprendere attraverso lo studio individuale.

Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è mediamente superiore al 50 per cento dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

Obiettivi formativi specifici

Il CL in Ingegneria Informatica ha l'obiettivo di fornire agli studenti la conoscenza degli aspetti metodologici e operativi delle Scienze di base e dell'Ingegneria, con privilegio degli aspetti specifici dell'ambito dell'Informatica, senza tralasciare gli aspetti generali. I laureati verranno a conoscenza degli strumenti fondamentali per il progetto di componenti, sistemi e processi volti alla elaborazione e alla gestione dell'informazione.

La preparazione sarà completata e integrata da esperienze di laboratorio, elementi di cultura aziendale contemporanea forniti tramite seminari, lezioni, e/o tirocinio, e da adeguate conoscenze di lingua straniera.

Il profilo che il complesso delle attività formative intende conseguire è quello di una figura professionale flessibile, atta ad inserirsi, in tempi ragionevolmente brevi, in ambiti operativi anche molto differenziati: imprese che producono e/o utilizzano sistemi o dispositivi informatici hardware e software; società di ingegneria del SW; aziende pubbliche o private che utilizzano l'informatica per ottimizzare la propria gestione e/o per fornire servizi, ecc.

Il curriculum delle attività formative mira a dotare il laureato di specifiche capacità che gli consentiranno di operare nell'ambito della produzione e delle applicazioni dell'informatica (sistemista, progettista, programmatore). Le conoscenze acquisite potranno anche agevolmente integrarsi con altri tipi di competenze (economiche, giuridiche, grafiche ecc.) e creare in tal modo nuove figure professionali, di cui si prevede una crescente richiesta. Questo processo di allargamento del proprio spettro formativo potrà essere avviato durante il periodo di studio mediante l'autonoma scelta di alcuni insegnamenti e mediante un periodo di tirocinio o di orientamento alla cultura di impresa

Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 50% dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

1° anno								
I ciclo	cfu	tip	II ciclo	cfu	tip	III ciclo	cfu	tip
Analisi Matematica L-A	6	A	Analisi Matematica L-B	6	A	Elettrotecnica L-A	6	C
Geometria e Algebra L-A	6	A	Fisica Generale L-A	6	A	Fisica Generale L-B	6	A
Fondamenti di Informatica L-A	6	A	Reti logiche L-A	6	A	Fondamenti di Informatica L-B	6	B
Laboratorio di Tecnologie informatiche LA	3	B						
Lingua straniera: Inglese				3	E			

2° anno								
I ciclo	cfu	tip	II ciclo	cfu	tip	III ciclo	cfu	tip
Controlli Automatici L-A	6	B	Elettronica L-A	6	B	Elettronica L-B	6	B
Calcolatori elettronici L-A	6	B	Comunicazioni Elettriche L-A	6	B	Economia e Organiz. Aziendale L-A	6	C
Matematica applicata L-A	6	C	Sistemi informativi L-A	6	B	Sistemi Operativi L-A	6	B
						Controlli automatici L-B	6	B

3° anno								
I ciclo	cfu	tip	II ciclo	cfu	tip	III ciclo	cfu	tip
Reti di telecomunicazioni L-A	6	B	Ingegneria del software L-A	6	B	Una attività formativa a scelta (Tab. B)	6	F
			Reti di calcolatori L-A	6	B			
Tre insegnamenti da Tabella A							18	
Lingua straniera: Inglese B							3	F
Scelta libera							9	D
Prova finale							6	E

Tabella A*								
Consigliati per indirizzo sistemistico-applicativo								
Ricerca Operativa L-A (1 Ciclo)	6	C				Sistemi distribuiti L-A (3 Ciclo)	6	B
Gestione della qualità L-A (1 Ciclo)	6	C						
Consigliati per indirizzo Tecnologico								
			Propagazione L-A	6	C	Comunicazioni elettriche L-B (3 Ciclo)	6	B
			Elettronica dei sistemi digitali LA	6	C			

* È possibile scegliere anche tra tutti gli insegnamenti indicati nella tabella, di cui almeno 6 di tipologia B.

Tabella B								
Tirocinio	6	F						
Cultura d'impresa L	6	F						
Laboratorio di gestione informatizzata dei processi L	3	F						
Laboratorio di simulazione e ottimizzazione L								

* È possibile scegliere anche tra tutti gli insegnamenti indicati nella tabella, di cui almeno 6 di tipologia B.

Le attività formative della tipolofia D sono scelte autonomamente dallo studente. La collocazione nei cicli dipend dagli insegnamenti scelti.

Tabella C: insegnamenti a scelta libera consigliati (9 CFU)								
Calcolo Numerico L-A	3	D	(*primo ciclo*)					
Analisi Matematica L-C	6	D	(*primo ciclo*)					

Corso di Laurea in **Ingegneria Meccanica**
Classe **10 – Ingegneria Industriale**
Facoltà **II Ingegneria – Sede di Forlì**

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Vincenzo Dal Re

Obiettivi formativi qualificanti

I laureati nei corsi di laurea della CLASSE "INGEGNERIA INDUSTRIALE" dovranno:

- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria;
- conoscere adeguatamente gli aspetti metodologico-operativi delle scienze dell'ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli di una specifica area dell'ingegneria industriale, nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere i problemi utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati;
- essere capaci di utilizzare tecniche e strumenti per la progettazione di componenti, sistemi, processi;
- essere capaci di condurre esperimenti e di analizzarne ed interpretarne i dati;
- essere capaci di comprendere l'impatto delle soluzioni ingegneristiche nel contesto sociale e fisico-ambientale;
- conoscere le proprie responsabilità professionali ed etiche;
- conoscere i contesti aziendali ed e la cultura d'impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi;
- conoscere i contesti contemporanei;
- avere capacità relazionali e decisionali;
- essere capaci di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in almeno una lingua dell'Unione Europea, oltre l'italiano;
- possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze.

Il tempo riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 50 per cento dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

Obiettivi formativi specifici

I laureati in Ingegneria Meccanica verranno a conoscenza degli aspetti metodologici e operativi delle Scienze di base e dell'Ingegneria, con particolare riguardo agli aspetti operativi legati alla Meccanica, senza trascurare gli aspetti generali ad essa collegati. La preparazione di tipo teorico sarà supportata da esercitazioni pratiche e di laboratorio e tenderà a sviluppare le capacità di sviluppo autonomo di attività progettuali ed organizzative. Particolare importanza sarà attribuita all'attività di tirocinio presso aziende del territorio, con le quali esiste già oggi un'intensa collaborazione formalizzata da una convenzione quadro.

I laureati in Ingegneria Meccanica svolgeranno attività professionali in diversi ambiti, quali la progettazione assistita, la produzione, la gestione ed organizzazione, l'assistenza delle strutture tecnico-commerciali, sia nella libera professione che nelle imprese manifatturiere o di servizi e

nelle amministrazioni pubbliche.

I principali sbocchi occupazionali, per l'Area dell'ingegneria Meccanica sono: industrie meccaniche ed elettromeccaniche; aziende ed enti per la conversione dell'energia; imprese impiantistiche; industrie per l'automazione e la robotica; imprese manifatturiere in generale per la produzione, l'installazione ed il collaudo, la manutenzione e la gestione di macchine, linee e reparti di produzione, sistemi complessi.

Percorso 1 L: Macchine e automazione impianti

I Anno

CICLO	Insegnamento	CFU
I	Analisi matematica L - A	6
	Fondamenti di informatica L	6
	Fondamenti di Chimica L	6
	Lingua Inglese	3
II	Fisica generale L - A	6
	Geometria e algebra L	6
	Analisi matematica L - B	6
III	Laboratorio di analisi numerica L	3
	Fisica generale L - B	6
	Meccanica Razionale L	6
	Disegno tecnico industriale L	6
Crediti I Anno		**60**

II Anno

CICLO	Insegnamento	CFU
I	Meccanica applicata alle macchine L	6
	Meccanica dei fluidi L	6
	Economia e organizzazione aziendale L	6
II	Elettrotecnica L	6
	Disegno assistito dal calcolatore L	5
	Comportamento meccanico dei materiali L	6
	Fisica tecnica L	6
III	Tecnologia meccanica L - A	6
	Termofluidodinamica applicata L	5
	Tecnica delle costruzioni meccaniche L	5
Crediti II Anno		**57**

III Anno

CICLO	Insegnamento	CFU
I	Sistemi energetici L	6
	Meccanica degli azionamenti L	6
	Tecnologia meccanica L - B	5
II	Azionamenti elettrici L	5
	Impianti industriali L	6
III	Macchine L	5
	Impianti meccanici L	6
	Almeno due **insegnamenti a scelta fra i seguenti (Minimo 9 CFU)**	
I	Misure meccaniche e termiche L (4 CFU)	
I	Laboratorio di misure meccaniche e termiche L (1 CFU)	
II	Strumentazione e automazione industriale L (5 CFU)	9
III	Sperimentazione sulle macchine L (5 CFU)	
	Attività obbligatorie di Tipologia F (max 9 CFU) (Nota 1)	
	Tirocinio L (6-9 CFU)	9
	Laboratorio di termofluidodinamica L (3 CFU	
	Prova finale L	6
Crediti III Anno		**63**
Crediti totali		**180**

CFU per tipologia: A=51, B=84, C=18, D=9, E=9, F=9

(Nota 2) Lo studente può scegliere fra due possibilità:

a) Tirocinio da 9 CFU (225 ore)

b) Tirocinio da 6 CFU (150 ore) + Laboratorio di termofluidodinamica L (3 CFU)

Percorso 2 L: Affidabilità e qualità

I Anno

CICLO	Insegnamento	CFU
I	Analisi matematica L - A	6
	Fondamenti di informatica L	6
	Fondamenti di Chimica L	6
	Lingua Inglese	3
II	Fisica generale L - A	6
	Geometria e algebra L	6
	Analisi matematica L - B	6
III	Laboratorio di analisi numerica L	3
	Fisica generale L - B	6
	Meccanica Razionale L	6
	Disegno tecnico industriale L	6
Crediti I Anno		**60**

II Anno

CICLO	Insegnamento	CFU
I	Meccanica applicata alle macchine L	6
	Meccanica dei fluidi L	6
	Economia e organizzazione aziendale L	6
II	Elettrotecnica L	6
	Disegno assistito dal calcolatore L	5
	Comportamento meccanico dei materiali L	6
	Fisica tecnica L	6
III	Tecnologia meccanica L - A	6
	Termofluidodinamica applicata L	5
	Tecnica delle costruzioni meccaniche L	5
Crediti II Anno		**57**

III Anno

CICLO	Insegnamento	CFU
I	Sistemi energetici L	6
	Meccanica degli azionamenti L	6
	Tecnologia meccanica L - B	5
II	Azionamenti elettrici L	5
	Impianti industriali L	6
III	Macchine L	5
	Impianti meccanici L	6
	Almeno due **insegnamenti a scelta fra i seguenti (Minimo 9 CFU)**	
I	Diagnostica dei sistemi meccanici L (5 CFU)	
I	Diagnostica strutturale L (4 CFU)	
II	Laboratorio di diagnostica delle strutture L (1 CFU)	9
III	Affidabilità e sicurezza delle costruz. Meccaniche L (5 CFU)	
	Attività obbligatorie di Tipologia F (max 9 CFU) (Nota 1)	
	Tirocinio L (6-9 CFU)	9
	Laboratorio di termofluidodinamica L (3 CFU	
	Prova finale L	6
Crediti III Anno		**63**
Crediti totali		**180**

(Nota 2) Lo studente può scegliere fra due possibilità:
a) Tirocinio da 9 CFU (225 ore)
b) Tirocinio da 6 CFU (150 ore) + Laboratorio di termofluidodinamica L (3 CFU)

Percorso 3 L: Materiali e lavorazioni

I Anno

CICLO	Insegnamento	CFU
I	Analisi matematica L - A	6
	Fondamenti di informatica L	6
	Fondamenti di Chimica L	6
	Lingua Inglese	3

II	Fisica generale L - A	6
	Geometria e algebra L	6
	Analisi matematica L - B	6
III	Laboratorio di analisi numerica L	3
	Fisica generale L - B	6
	Meccanica Razionale L	6
	Disegno tecnico industriale L	6
Crediti I Anno		**60**

II Anno

CICLO	Insegnamento	CFU
I	Meccanica applicata alle macchine L	6
	Meccanica dei fluidi L	6
	Economia e organizzazione aziendale L	6
II	Elettrotecnica L	6
	Disegno assistito dal calcolatore L	5
	Comportamento meccanico dei materiali L	6
	Fisica tecnica L	6
III	Tecnologia meccanica L - A	6
	Termofluidodinamica applicata L	5
	Tecnica delle costruzioni meccaniche L	5
Crediti II Anno		**57**

III Anno

CICLO	Insegnamento	CFU
I	Sistemi energetici L	6
	Meccanica degli azionamenti L	6
	Tecnologia meccanica L - B	5
II	Azionamenti elettrici L	5
	Impianti industriali L	6
III	Macchine L	5
	Impianti meccanici L	6
	due **insegnamenti a scelta**	
I	Scienza dei metalli L (*)	5
I	Tecnologia delle costruzioni aeronautiche L (*)	5
	Attività obbligatorie di Tipologia F (max 9 CFU) (Nota 1)	
	Tirocinio L (6-9 CFU)	9
	Laboratorio di termofluidodinamica L (3 CFU	
	Prova finale L	6
Crediti III Anno		**64**
Crediti totali		**181**

(*) Mutuato dal Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale
(Nota 2) Lo studente può scegliere fra due possibilità:
a) Tirocinio da 9 CFU (225 ore)
b) Tirocinio da 6 CFU (150 ore) + Laboratorio di termofluidodinamica L (3 CFU)

Percorso 4 L: Applicazioni computazionali

I Anno

CICLO	Insegnamento	CFU
I	Analisi matematica L - A	6
	Fondamenti di informatica L	6
	Fondamenti di Chimica L	6
	Lingua Inglese	3
II	Fisica generale L - A	6
	Geometria e algebra L	6
	Analisi matematica L - B	6
III	Laboratorio di analisi numerica L	3
	Fisica generale L - B	6
	Meccanica Razionale L	6
	Disegno tecnico industriale L	6
Crediti I Anno		**60**

II Anno

CICLO	Insegnamento	CFU
I	Meccanica applicata alle macchine L	6
	Meccanica dei fluidi L	6
	Economia e organizzazione aziendale L	6
II	Elettrotecnica L	6
	Disegno assistito dal calcolatore L	5
	Comportamento meccanico dei materiali L	6
	Fisica tecnica L	6
III	Tecnologia meccanica L - A	6
	Termofluidodinamica applicata L	5
	Tecnica delle costruzioni meccaniche L	5
Crediti II Anno		**57**

III Anno

CICLO	Insegnamento	CFU
I	Sistemi energetici L	6
	Meccanica degli azionamenti L	6
	Tecnologia meccanica L - B	5
II	Azionamenti elettrici L	5
	Impianti industriali L	6
III	Macchine L	5
	Impianti meccanici L	6
	2 insegnamenti a scelta (Nota 1)	
I	Metodi numerici per l'ingegneria (V.O)	6
III	Calcolo numerico e programmazione (sem.) (V.O.)	6
	Attività obbligatorie di Tipologia F (max 9 CFU)	
	Tirocinio L (6-9 CFU)	9
	Laboratorio di termofluidodinamica L (3 CFU	
	Prova finale L	6
Crediti III Anno		**66**
Crediti totali		**183**

(Nota 1) Gli studenti che scelgono questo Percorso dovranno seguire, nella Laurea Specialistica, il Percorso n. 5 LS che prevede l'utilizzazione dei tre CFU in esubero, acquisiti nella Laurea, consentendo di completare il percorso con 300 CFU totali.

Corso di laurea specialistica in **Ingegneria Aerospaziale**
Classe **25/S – Ingegneria Aerospaziale**
Facoltà **II Ingegneria – Sede di Forlì**

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Gianni Bertoni

Obiettivi formativi qualificanti

I laureati nel corso di laurea specialistica della classe in INGEGNERIA AEROSPAZIALE devono:

- conoscere approfonditamente gli aspetti teorico-scientifici della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;
- conoscere approfonditamente gli aspetti teorico-scientifici dell'ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli dell'ingegneria aerospaziale ed astronautica, nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere, anche in modo innovativo, problemi complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;

- essere capaci di ideare, pianificare, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e/o innovativi;
- essere capaci di progettare e gestire esperimenti di elevata complessità;
- essere dotati di conoscenze di contesto e di capacità trasversali;
- avere conoscenze nel campo dell'organizzazione aziendale (cultura d'impresa) e dell'etica professionale;
- essere in grado di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

Il tempo riservato allo studio individuale o ad altre attività formative di tipo individuale sarà pari almeno al 50 per cento dell'impegno orario complessivo, con possibilità di percentuali minori per singole attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico.

Il corso di laurea specialistica culminerà in una importante attività di progettazione, che si conclude con un elaborato che dimostri la padronanza degli argomenti, la capacità di operare in modo autonomo e un buon livello di capacità di comunicazione.

Si organizzano, in accordo con enti pubblici e privati, stages e tirocini.

Il laureato specializzato in Ingegneria Aerospaziale deve essere in grado di applicare gli strumenti analitici e le conoscenze relative alle tecnologie avanzate tipiche del settore anche ad altri comparti di punta dell'ingegneria.

La figura professionale dovrà esser in grado di produrre modelli fisico/matematici capaci di analizzare caratteristiche e prestazioni degli aeromobili, la struttura dell'ambiente fisico e della situazione meteorologica, di studiare metodi avanzati per la regolazione e sorveglianza della circolazione aerea mediante sistemi di elaborazione e trasmissione delle informazioni in ambiente aerospaziale.

Gli ambiti professionali tipici per i laureati specialisti sono quelli dell'innovazione e dello sviluppo della produzione, della progettazione avanzata, della pianificazione e della programmazione, della gestione di sistemi complessi, sia nella libera professione sia nelle imprese manifatturiere o di servizi e nelle amministrazioni pubbliche. I laureati specialisti potranno trovare occupazione presso industrie aeronautiche e spaziali; enti pubblici e privati per la sperimentazione in campo aerospaziale; aziende di trasporto aereo; enti per la gestione del traffico aereo; aeronautica militare e settori aeronautica di altre armi; industrie per la produzione di macchine e apparecchiatura dove sono rilevanti l'aerodinamica e le strutture leggere.

Parte comune

I Anno

CICLO	Insegnamenti in comune	CFU
1	Metodi matematici per l'ingegneria LS	6
	Aerodinamica applicata LS	9
	Dinamica del volo LS	9
2	Sensori e sistemi elettronici integrati per l'aerospazio LS	6
2-3	Un insegnamento a scelta (v. scelta guidata)	6
3	Strutture e materiali aerospaziali LS	9
	Controllo automatico del volo LS	7
	TOTALE ESAMI = 7 TOTALE CFU	52

II Anno

CICLO	Insegnamenti	CFU
1	Sistemi di propulsione avanzati LS	6
	Aeromobili a decollo verticale LS	6
2	Dinamica strutturale e aeroelasticità LS	6
	Progetto generale di aeromobili LS	6
	Sistemi di guida e navigazione aerea LS	6
	Fondamenti e metodi della progettazione per l'industria aerospaziale LS	6

3	Fluidodinamica computazionale LS **Insegnamento a scelta** (v. scelta guidata) **Laboratorio a scelta** (v. scelta guidata)	6 5 3
3	***Una attività a scelta tra:*** - Tirocinio - Addestramento al volo - Due laboratori (v. scelta guidata)	6
	Prova finale	12
	TOTALE ESAMI = 8 **TOTALE CFU**	**68**

Scelta guidata: 1 (Base)

I Anno

CICLO	1 insegnamento a scelta tra:	CFU
2	Modelli fisico-matematici per l'ingegneria aerospaziale LS	6
3	Gestione e ottimizzazione del traffico aereo LS Metodi numerici per l'ingegneria LS	6 6

II Anno

CICLO	Insegnamento a scelta (D)	CFU
3	Un insegnamento libero (*)	5
CICLO	**Laboratorio a scelta tra:**	**CFU**
3	Laboratorio di Aerodinamica sperimentale Progetto Laboratorio di propulsione Laboratorio di Costruzioni Aeronautiche Laboratorio di Navigazione aerea	3 3 3 3 3

(*) Gli studenti provenienti da LT 01-02 devono fare un insegnamento da 6 CFU nelle D. Totale crediti corso di studio = 120.

Scelta guidata: 2

I Anno

CICLO	1 insegnamento a scelta tra:	CFU
2	Modelli fisico-matematici per l'ingegneria aerospaziale LS	6
3	Gestione e ottimizzazione del traffico aereo LS Metodi numerici per l'ingegneria LS	6 6

II Anno

CICLO	Insegnamento a scelta (D)	CFU
2	Trasporti aerei LS	5
3	Veicoli aerei, navali e terreni ad alte prestazioni LS Sistemi spaziali LS Corso di CAD L (**)	5 5 1
CICLO	**Laboratorio a scelta tra:**	**CFU**
3	Laboratorio di Aerodinamica sperimentale Progetto Laboratorio di propulsione Laboratorio di Costruzioni Aeronautiche Laboratorio di Navigazione aerea	3 3 3 3 3

(**) Attività integrativa x studenti provenienti da LT 01/02 che devono prendere 6 CFU nelle D. Totale crediti corso di studio = 120.

Corso di laurea specialistica in **Ingegneria Biomedica**
Classe **26/S – Ingegneria Biomedica**
Facoltà **II Ingegneria – Sede di Cesena**

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Gianni Gnudi

Obiettivi formativi qualificanti

Il Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Biomedica ha l'obiettivo di fornire agli studenti una conoscenza approfondita dei contenuti scientifici e professionali necessari per operare negli ambiti multidisciplinari afferenti all'ingegneria biomedica. Il processo di formazione è quindi progettato in modo da delineare figure professionali polivalenti in possesso di una solida cultura tecnico-biologica, basata sull'integrazione tra ingegneria dell'informazione, ingegneria industriale e scienze medico-biologiche. Su queste basi si intende costruire una figura professionale con le competenze interdisciplinari necessarie per inserirsi nel variegato mondo del lavoro e delle professioni, a cavallo tra tecnologie avanzate e problematiche medico-biologiche e, in particolare, in grado di:

- sviluppare metodi quantitativi per lo studio dei sistemi biologici e fisiologici, nonché per l'acquisizione e l'elaborazione di dati, segnali ed immagini di interesse biologico e medico,
- progettare dispositivi e sistemi diagnostici e terapeutici, organi artificiali e protesi, sistemi di supporto funzionale e ausili per disabili,
- contribuire al miglioramento dell'assistenza sanitaria, nelle strutture pubbliche e private, organizzando una gestione delle apparecchiature biomediche che ne garantisca un impiego sicuro, corretto ed economico.

Gli ambiti professionali tipici per i laureati specialisti in ingegneria biomedica sono quelli dell'innovazione e dello sviluppo della produzione, della progettazione avanzata, della pianificazione e della programmazione, della gestione di sistemi complessi, sia nella libera professione sia nelle imprese manifatturiere o di servizi sia nelle amministrazioni pubbliche. I laureati specialisti in ingegneria biomedica saranno in grado di interagire con i professionisti sanitari, nell'ambito delle rispettive competenze, nelle applicazioni diagnostiche e terapeutiche. I laureati specialisti potranno trovare occupazione presso industrie del settore biomedico e farmaceutico produttrici e fornitrici di sistemi, apparecchiature e materiali per prevenzione, diagnosi, cura e riabilitazione; aziende ospedaliere pubbliche e private; società di servizi per la gestione di apparecchiature ed impianti medicali, di telemedicina; laboratori clinici specializzati.

I ciclo			II ciclo			III ciclo		
Insegnamento/Attività formativa	crediti	tip	Insegnamento/Attività formativa	crediti	tip	Insegnamento/Attività formativa	crediti	tip
1° anno								
Analisi matematica BS[a]	6	A	Biochimica BS	6	C	Controlli automatici BS[a]	6	C
Analisi numerica BS[a][b]	3	A	Analisi numerica BS-B[b]	3	A	Biomeccanica BS	6	B
Geometria ed algebra L-A	3	A	Propagazione BS[a]	6	C	Elaborazione di dati e segnali biomedici BS	9	B
Modelli di sistemi biologici BS	6	B						
tot crediti	18			15			21	54

1° o 2° anno								
Attività formative a scelta libera[1]	6	D						

2° anno								
Strumentazione biomedica BS	6	B				Tirocinio BS	6	F
Fenomeni di trasporto BS	6	C						
Scelta Guidata n. 1 o n. 2[2]								
Un insegnamento fra quelli indicati in Tabella 1, non ancora inserito nel proprio percorso didattico							6	
						Prova finale	12	E
tot crediti	12			0			48	**60**

(1) Attività formative consigliate per la scelta libera								
Calcolatori elettronici L-A	6	D	Elettronica industriale L-A	6	D			
Sistemi elettronici LS	6	D						
Gestione della Qualità L-A	6	D						
Ricerca operativa L-A	6	D						

(2) Scelta Guidata n. 1 (Progettazione biomeccanica e di organi artificiali)								
						Biomeccanica computazionale BS	6	B
						Biomeccanica della funzione motoria BS	6	B
Due insegnamenti fra i seguenti								
Organi artificiali BS	6	B	Meccanica dei tessuti biologici BS	6	B			
			Bioingegneria della riabilitazione BS	6	B			
			Bioingegneria molecolare e cellulare BS	6	B			**24**

(2) Scelta Guidata n. 2 (Sistemi e segnali biologici)								
Sistemi intelligenti naturali e artificiali BS	6	B	Bioimmagini BS	6	B			
Due insegnamenti fra i seguenti								
Organi artificiali BS	6	B	Bioingegneria molecolare e cellulare BS	6	B			
			Elettronica BS[a]	6	C	Telecomunicazioni BS[a]	6	C
								24

Tabella 1								
Sistemi intelligenti naturali e artificiali BS	6	B	Bioimmagini BS	6	B	Biomeccanica computazionale BS	6	B
Organi artificiali BS	6	B	Meccanica dei tessuti biologici BS	6	B	Biomeccanica della funzione motoria BS	6	B
			Elettronica BS	6	C	Telecomunicazioni BS	6	C
			Bioingegneria della riabilitazione BS	6	B			
			Bioingegneria molecolare e cellulare BS	6	B			**6**

(a) Tabella delle mutazioni

Attività formativa	cfu		Mutuata da	cfu				
Analisi matematica BS	6		Analisi matematica L-C	6				
Geometria e Algebra BS	3		Geometria e Algebra LS	3				
Analisi numerica BS	3		Calcolo numerico L-A	3				
Propagazione BS	6		Propagazione L-A	6				
Controlli automatici BS	6		Controlli automatici L-B	6				
Elettronica BS	6		Microsistemi per acquisizione BS	6				
Telecomunicazioni BS	6		Comunicazioni elettriche L-B	6				

(b) L'insieme delle due attività formative Analisi numerica BS-A, e Analisi numerica BS-B, 3 CFU, è equivalente all'attività formativa Analisi numerica BS, 6 CFU.

Corso di laurea specialistica in **Ingegneria dei sistemi e delle tecnologie dell'informazione**
Classe **35/S – Ingegneria Informatica**
Facoltà **II Ingegneria – Sede di Cesena**

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Marco Chiani

Obiettivi formativi qualificanti

La Laurea Specialistica in Ingegneria dei Sistemi e delle Tecnologie dell'Informazione si pone l'obiettivo specifico di formare figure professionali nel settore ICT (Information and Communication Technology), per l'innovazione e lo sviluppo della produzione, della progettazione avanzata, della pianificazione e della programmazione, della gestione di servizi e sistemi complessi, sia nella libera professione sia nelle imprese manifatturiere o di servizi che nelle amministrazioni pubbliche.

I laureati specialistici in Ingegneria dei Sistemi e delle Tecnologie dell'Informazione avranno una conoscenza approfondita delle materie dell'ingegneria dell'informazione, con particolare riguardo ai settori riguardanti la progettazione avanzata delle applicazioni informatiche e dei servizi che fanno uso dei moderni sistemi di telecomunicazioni. Largo spazio sarà riservato all'apprendimento dei moderni metodi di progettazione assistita e di simulazione di processi e sistemi, nonchè all'integrazione delle discipline dell'ingegneria dell'informazione (elettronica, informatica e telecomunicazioni).

Le attrezzature di laboratorio permetteranno di approfondire gli aspetti applicativi, anche sviluppando attività autonome o di gruppo.

Si organizzano, in accordo con enti pubblici e privati, stages e tirocini.

I ciclo	cfu	tip	II ciclo	cfu	tip	III ciclo	cfu	tip
1° anno - Due insegnamenti propedeutici							12	
Metodi di Ottimizzazione LS	6	A	Teoria dell'informazione e codici LS	6	C	Sistemi di elaborazione dell'informazione LS	6	B
Sistemi Elettronici LS	6	C	Reti di telecomunicazioni LS	6	C	Sistemi informativi distribuiti LS	6	B
Economia della società dell'informazione LS	3	F				Tecniche elettromagnetiche per la localizzazione e il controllo ambientale LS	6	C
Totale crediti								57

I ciclo	cfu	tip	II ciclo	cfu	tip	III ciclo	cfu	tip
2° anno								
Sistemi di telecomunicazioni LS	6	C	Ingegneria dei sistemi software LS	6	B	Prova finale	12	E
Sistemi distribuiti LS	6	B	Progetto di reti e sistemi di TLC LS	6	C			
Scelta libera (vedere Tabella A							6	D
Tecnologie per sistemi a RF	6	C	Microsistemi per acquisizione	6	C	Metodi e Modelli per il supporto alle decisioni	3	F
			Sistemi e Tecnologie per l'Automazione	6	B			
	18			24			21	

Tabella A: insegnamenti a scelta libera consigliati					
Laboratorio di applicazioni e servici ICT	3	B			
Laboratorio di tecnologie dell'informazione e della sicurezza	3	B			

Corso di laurea specialistica in **Ingegneria Meccanica**
Classe **36/S – Ingegneria Meccanica**
Facoltà **II Ingegneria – Sede di Forlì**

Presidente del Consiglio di Corso di Laurea: Prof. Prof. Vincenzo Dal Re

Obiettivi formativi qualificanti

I laureati nei corsi di laurea specialistica della CLASSE "INGEGNERIA MECCANICA"devono:

- conoscere approfonditamente gli aspetti teorico-scientifici della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;
- conoscere approfonditamente gli aspetti teorico-scientifici dell'ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli dell'ingegneria meccanica, nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere, anche in modo innovativo, problemi complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;
- essere capaci di ideare, pianificare, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e/o innovativi;
- essere capaci di progettare e gestire esperimenti di elevata complessità;
- essere dotati di conoscenze di contesto e di capacità trasversali;
- avere conoscenze nel campo dell'organizzazione aziendale (cultura d'impresa) e dell'etica professionale;
- essere in grado di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

I corsi di laurea specialistica culmineranno in una importante attività di progettazione, che si concluda con un elaborato che dimostri la padronanza degli argomenti, la capacità di operare in modo autonomo e un buon livello di capacità di comunicazione.

Si organizzano, in accordo con enti pubblici e privati, stages e tirocini

I laureati specialistici in Ingegneria Meccanica avranno una conoscenza approfondita delle materie specifiche della classe, con particolare riguardo ai settori della progettazione avanzata, della produzione dell'energia, dell'impiantistica e dell'organizzazione. Largo spazio sarà riservato all'apprendimento dei moderni metodi di progettazione assistita e di simulazione dei processi.

Le attrezzature informatiche ed i laboratori, già presenti nella sede ed in fase di ulteriore incremento, permetteranno di approfondire gli aspetti applicativi, anche sviluppando attività autonome o di gruppo. Saranno privilegiate anche le attività di tirocinio utilizzando la collaborazione delle oltre quattrocento aziende del territorio già convenzionate.

Le capacità che si forniranno agli studenti sono:

- Attitudine alla progettazione avanzata, anche di apparati meccanici di particolare complessità e grado di innovazione, con l'utilizzazione di moderni metodi di calcolo e di disegno;
- Capacità organizzative anche in sistemi industriali complessi;
- Approfondita conoscenza nel settore motoristico;
- Approfondita conoscenza degli impianti per la produzione dell'energia.

Gli ambiti professionali tipici per i laureati specialisti della classe sono quelli dell'innovazione e dello sviluppo della produzione, della progettazione avanzata, della pianificazione e della programmazione, della gestione di sistemi complessi, sia nella libera professione sia nelle imprese manifatturiere o di servizi sia nelle amministrazioni pubbliche. I laureati specialisti potranno trovare occupazione presso industrie meccaniche ed elettromeccaniche, aziende ed enti per la

produzione e la conversione dell'energia, imprese impiantistiche, industrie per l'automazione e la robotica, imprese manifatturiere in generale per la produzione, l'installazione e il collaudo, la manutenzione e la gestione di macchine, linee e reparti di produzione, sistemi complessi.

I Anno

CICLO	Insegnamenti Obbligatori	CFU
I	Metodi matematici per l'insegneria LS	6
	Tecnologie di chimica applicata LS	6
	Conversione dell'energia LS	6
II	Controlli automatici LS (mutuato da Controlli automatici L)	6
	Macchine LS	6
	Meccanica dei fluisi LS	6
III	Meccanica applicata alle macchine LS	6
	Metodi numerici per l'ingegneria LS	6
	Meccanica dei solidi e delle strutture LS	6
Crediti I Anno		**54**

II Anno

CICLO	Insegnamenti Obbligatori	CFU
I	Principi e metodologie della progettazione meccanica LS	6
	Impianti meccanici LS	6
II	Dinamica delle macchine e dei sistemi meccanici LS	6
	Logistica industriale LS	6
III	Elementi di diritto commerciale LS	6
	Due Corsi della scelta guidata	12
	Crediti a scelta libera	6
	Tirocinio LS	6
	Prova finale LS	12
Crediti II anno		**66**
Crediti totali		**120**

* È consigliata la scelta tra gli insegnamenti della propria "scelta guidata" non ancora sostenuti.

CICLO	Scelta guidata 1: Progettazione meccanica avanzata	CFU
	Due insegnamenti a scelta tra i seguenti	
I	Meccanica dei robot LS	6
	Progettaz. Mecc. con materiali non convenzionali LS	6
II	Modelli fisico-matematici per l'ingegneria industr. LS	6
	Metodi di progetto per l'ingegneria industriale LS	6
	Costruzione di macchine automatiche e robot LS	6
	Impianti industriali LS (NOTA 1)	6

CICLO	Scelta guidata 2: Sistemi di conversione dell'energia	CFU
	Due insegnamenti a scelta tra i seguenti	
II	Modelli fisico-matematici per l'ingegneria industr. LS	6
	Impianti termotecnici LS	6
	Controllo dei sistemi energetici LS	6
	Motori e combustione interna LS	6
III	Termofluidodinamica avanzata LS	6
	Attività di tipologia F (in alternativa al Tirocinio)	
	Laboratorio di Aerodinamica sperimentale	3
	Laboratorio di propulsione	3

ELENCO DEGLI INSEGNAMENTI DI CUI I DOCENTI HANNO RESO DISPONIBILI I PROGRAMMI

LEGENDA CORSI STUDIO	Abbreviazioni
Corsi di Laurea Forlì	
AEROSPAZIALE	lta
MECCANICA	ltm
AEREOSPAZIALE LS	lsa
MECCANICA LS	lsm
Corsi di Laurea Cesena	
DELLE TELECOMUNICAZIONI	ltt
ELETTRONICA	lte
INFORMATICA	lti
BIOMEDICA	ltb
SISTEMI E TECN. DELL'INFORMAZ.	S
BIOMEDICA LS	lsb

Materia	CDS	Sede	Docente	Pagina
AERODINAMICA APPLICATA LS	lsa	FO	TALAMELLI ALESSANDRO	687
AERODINAMICA DEGLI AEROMOBILI L	lta	FO	TALAMELLI ALESSANDRO	688
AFFIDABILITÀ E SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE L	lta,ltm	FO	CURIONI SERGIO	689
ANALISI MATEMATICA L A	ltt,lte,lti,ltb	CE	CICOGNANI MASSIMO	690
ANALISI MATEMATICA L B	lta,ltm	FO	GUIDETTI DAVIDE	692
ANALISI MATEMATICA L B	ltt,lte,lti,ltb	CE	CICOGNANI MASSIMO	693
ANALISI MATEMATICA L C	ltt,lte,lti,ltb	CE	CICOGNANI MASSIMO	693
ANALISI NUMERICA BS-B	ltb	CE	ZAMA FABIANA	694
AVIONICA E SISTEMI DI RADIOTELECOMUNICAZIONI	lta	FO	CURTI FABIO	695
AZIONAMENTI ELETTRICI L	ltm	FO	SERRA GIOVANNI	695
BIOCHIMICA BS	lsb	CE	GIORDANO EMANUELE	696
BIOIMMAGINI BS	lsb	CE	SARTI ALESSANDRO	697
BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE BS	lsb	CE	CAPPELLO ANGELO	700
BIOINGEGNERIA L	ltb	CE	GNUDI GIANNI	702
BIONGEGNERIA MOLECOLARE E CELLULARE BS	lsb	CE	CAVALCANTI SILVIO	700
BIOMATERIALI L	ltb	CE	GIOVANNI VALDRE'	703
BIOMECCANICA BS	lsb	CE	CAPPELLO ANGELO	705
BIOMECCANICA COMPUTAZIONALE	lsb	CE	VICECONTI MARCO	707
BIOMECCANICA DELLA FUNZIONE MOTORIA BS	lsb	CE	LEARDINI ALBERTO	708
BIOMECCANICA L	ltb	CE	CHIARI LORENZO	709
CALCOLATORI ELETTRONICI L A	ltt,lte,lti,ltb	CE	VIARANI ENRICO	710
CALCOLO NUMERICO LA	ltt	CE	MORIGI SERENA	711
CAMPI ELETTROMAGNETICI L A	ltt,lte	CE	TARTARINI GIOVANNI	711
COMPORTAMENTO MECCANICO DEI MATERIALI L	lta,ltm	FO	DAL RE VINCENZO	713
COMPORTAMENTO MECCANICO DEI MATERIALI L A	ltb,lsb	CE	CRISTOFOLINI LUCA	715
COMUNICAZIONI ELETTRICHE LA	ltt,lte,lti,ltb	CE	MARCO CHIANI	716
COMUNICAZIONI ELETTRICHE LB	ltt,lti	CE	VANELLI CORALLI ALESSANDRO	717
CONTROLLI AUTOMATICI L	lta,ltm,	FO	BERTONI GIANNI	717

CONTROLLI AUTOMATICI LA	ltt,lte,lti,ltb	CE	ZANZI MATTEO	718
CONTROLLI AUTOMATICI LS	lsm	FO	BERTONI GIANNI	719
CONTROLLO AUTOMATICO DEL VOLO LS	lsa	FO	CASTALDI PAOLO	720
CONVERSIONE DELL'ENERGIA LS	lsm	FO	BIANCHI MICHELE	722
COSTRUZIONI AERONAUTICHE L	lta	FO	PERSIANI FRANCO	722
CULTURA D'IMPRESA L	ltt,lte,lti,ltb	CE	MORINI MAURIZIO	724
DIAGNOSTICA DEI SISTEMI MECCANICI L	ltm	FO	MAGGIORE ALBERTO	725
DIAGNOSTICA STRUTTURALE L	ltm	FO	DAL RE VINCENZO	725
DINAMICA DEL VOLO LS	lsa	FO	SAGGIANI GIAN MARCO	726
DINAMICA DEL VOLO SPAZIALE E STRUMENTAZIONE AEROSPAZIALE L	lta	FO	TORTORA PAOLO	727
DINAMICA DELLE MACCHINE E DEI SISTEMI MECCANICI LS	lsm	FO	RIVOLA ALESSANDRO	728
DINAMICA STRUTTURALE E AEROELASTICITA' LS	lsa	FO	CHIARELLI MARIO ROSARIO	729
DIRITTO DELLA NAVIGAZIONE AEREA L	lta	FO	MASUTTI ANNA	730
DISEGNO ASSISTITO DAL CALCOLATORE L	lta.ltm	FO	PIANCASTELLI LUCA	732
DISEGNO TECNICO AEROSPAZIALE L	lta,ltm	FO	PIANCASTELLI LUCA	732
ECONOMIA DELLE SOCIETÀ DELL'INFORMAZIONE LS	S	CE	STAJANO ATTILIO	733
ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE L A	ltt,lte,lti,ltb	CE	GRIMALDI ROSA	736
ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE L	lta,ltm	FO	BONICELLI DELLA VITE PIERO	736
ELABORAZIONE DI DATI E SEGNALI BIOMEDICI BS	lsb	CE	URSINO MAURO	739
ELEMENTI DI DIRITTO COMMERCIALE LS	lsm	FO	MASUTTI ANNA	740
ELETTRONICA L A	ltt,lte,lti,ltb	CE	SANGIORGI ENRICO	741
ELETTRONICA L B	ltt,lte,lti,ltb	CE	TARTAGNI MARCO	742
ELETTRONICA L C	lte	CE	SPECIALE NICOLÒ	743
ELETTRONICA L D	lte	CE	FEDECOSTANTE GIOVANNI	745
ELETTROTECNICA LA	ltt,lte,lti,ltb	CE	GHIGI PAOLO RAFFAELE	747
ELETTROTECNICA L	lta,ltm	FO	GHIGI PAOLO RAFFAELE	748
FISICA GENERALE L-A	lta,ltm	FO	GALLI DOMENICO	750
FISICA GENERALE L-B	lta,ltm	FO	GALLI DOMENICO	753
FISICA GENERALE L A	ltt,lte,lti,ltb	CE	VITALE ANTONIO	749
FISICA GENERALE L B	ltt,lte,lti,ltb	CE	VITALE ANTONIO	752
FISICA TECNICA L A	ltb	CE	LAZZARI STEFANO	756
FISICA TECNICA L	ltm	FO	FABBRI GIAMPIETRO	755
FISIOLOGIA L A	ltb	CE	LENZI PIER LUIGI	758
FISIOLOGIA L B	ltb	CE	DOMENICONI ROSA	759
FLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE LS	lsa	FO	SCARPI GIAMBATTISTA	760
FLUIDODINAMICA L	lta	FO	SCARPI GIAMBATTISTA	760
FONDAMENTI DI CHIMICA L	lta,ltm	FO	MARIANUCCI ELISABETTA	762
FONDAMENTI DI CHIMICA L	ltb	CE	LOTTI NADIA	761
FONDAMENTI DI CHIMICA LA	ltb	CE	CELLI ANNAMARIA	763
FONDAMENTI DI INFORMATICA L A	ltt,lte,lti,ltb	CE	VIROLI MIRKO	765
FONDAMENTI DI INFORMATICA L	lta,ltm	FO	SIMONINI STEFANO	764
FONDAMENTI E METODI DELLA PROGETTAZIONE PER L'INDUSTRIA AEROSPAZIALE	lsa	FO	MEZZANOTTE PAOLO	766
GEOMETRIA E ALGEBRA L A	ltt,lte,lti,ltb	CE	MULAZZANI MICHELE	766
GEOMETRIA E ALGEBRA L S	S	CE	MULAZZANI MICHELE	767
GESTIONE DELLA CIRCOLAZIONE AEREA METEOROLOGIA L	lta	FO	SERRAU ANGELO	767
GESTIONE DELLA QUALITA' L A	lti,lte	CE	GENTILE CARLA	768

GESTIONE E OTTIMIZZAZIONE DEL TRAFFICO AEREO LS	lsa	FO	VIGO DANIELE	769
IMPIANTI AEROSPAZIALI L	lta	FO	FOLCHINI ALBERTO	770
IMPIANTI INDUSTRIALI L	ltm	FO	BEVILACQUA MAURIZIO	771
IMPIANTI MECCANICI L	ltm	FO	BEVILACQUA MAURIZIO	771
IMPIANTI MECCANICI L S	lsm	FO	BEVILACQUA MAURIZIO	771
INGEGNERIA CLINICA L	ltb,lsb	CE	LAMBERTI CLAUDIO	772
INGEGNERIA DEI SISTEMI SOFTWARE LS	S	CE	NATALI ANTONIO	773
INGEGNERIA DEL SOFTWARE LA	lti	CE	NATALI ANTONIO	773
LABORATORIO DI BIOINGEGNERIA LB	ltb	CE	ELISA MAGOSSO	774
LABORATORIO DI INGEGNERIA TL	ltb	CE	ELISA MAGOSSO	775
LABORATORIO DI DIAGNOSTICA DELLE STRUTTURE L	ltm	FO	DAL RE VINCENZO	776
LABORATORIO DI ELABORAZIONE NUMERICA DEI SEGNALI L A	ltt	CE	GIORGETTI ANDREA	776
LABORATORIO DI ELETTRONICA L-A	lte	CE	ENRICO SANGIORGI	777
LABORATORIO DI GESTIONE INFORMATIZZATA DEI PROCESSI L	ltt,lti	CE	LASAGNI PAOLO	777
LABORATORIO DI NAVIGAZIONE AEREA	lsa	FO	PALMERINI GIOVANNI	778
LABORATORIO DI PROPULSIONE	lta,lsa,lsm	FO	PONTI FABRIZIO	779
LABORATORIO DI RETI DI TELECOMUNICAZIONI LA	ltt	CE	CERRONI WALTER	779
LABORATORIO DI SIMULAZIONE E OTTIMIZZAZIONE L	lti	CE	VIGO DANIELE	780
LINGUAGGI E MODELLI COMPUTAZIONALI L S	S	CE	NATALI ANTONIO	781
LOGISTICA INDUSTRIALE LS	lsm	FO	FERRARI EMILIO	781
MACCHINE L	lta	FO	NALDI GIOVANNI	783
MACCHINE LS	lsm	FO	SPINA PIER RUGGERO	785
MATEMATICA APPLICATA LA	lti,lte,ltt,ltb	CE	SECCIA LEONARDO	787
MATEMATICA DISCRETA LS	S	CE	MULAZZANI MICHELE	787
MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE L	lta,ltm	FO	RIVOLA ALESSANDRO	788
MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE LS	lsm	FO	RIVOLA ALESSANDRO	789
MECCANICA DEI FLUIDI L	ltm	FO	DAPRÀ IRENE	790
MECCANICA DEI ROBOT LS	lsm	FO	PARENTI CASTELLI VINCENZO	790
MECCANICA DEI SOLIDI E DELLE STRUTTURE L S	lsm	FO	SCIORTINO LINO	791
MECCANICA DEI TESSUTI BIOLOGICI BS	lsb	CE	CRISTOFOLINI LUCA	792
MECCANICA DEL VOLO L	lta	FO	SAGGIANI GIAN MARCO	794
MECCANICA RAZIONALE L	lta,ltm	FO	SECCIA LEONARDO	795
METODI DI OTTIMIZZAZIONE LS	S	CE	VIGO DANIELE	796
METODI DI PROGETTO PER L'INGEGNERIA INDUSTRIALE L S	lsm	FO	DE CRESCENZIO FRANCESCA	798
METODI E MODELLI PER IL SUPPORTO ALLE DECISIONI	S	CE	VIGO DANIELE	799
METODI MATEMATICI PER L'INGEGNERIA LS	lsa,lsm	FO	GUIDETTI DAVIDE	800
METODI NUMERICI PER L'INGEGNERIA LS	lsa,lsm	FO	MORIGI SERENA	800
MICROSISTEMI PER L'ACQUISIZIONE DELL'INFORMAZIONE LS	S	CE	TARTAGNI MARCO	801
MISURE ELETTRONICHE L A	lte	CE	PASINI GAETANO	801
MODELLI DI SISTEMI BIOLOGICI BS	lsb	CE	GNUDI GIANNI	802
MODELLI FISICO - MATEMATICI PER L'INGEGNERIA INDUSTRIALE LS	lsa,lsm	FO	SECCIA LEONARDO	803
MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA L S	lsm	FO	MORO DAVIDE	804
NAVIGAZIONE AEREA L	lta	FO	PALMERINI GIOVANNI	804

ORGANI ARTIFICIALI BS	lsb	CE	PAOLINI FRANCESCO	805
PRINCIPI E METODOLOGIE DELLA PROGETTAZIONE MECCANICA LS	lsm	FO	CROCCOLO DARIO	805
PROGETTAZIONE MECCANICA CON MATERIALI NON CONVENZIONALI LS	lsm	FO	CESARI FRANCESCO	807
PROGETTO DI RETI E SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI LS	S	CE	CALLEGATI FRANCO MARCO CHIANI	808
PROGETTO GENERALE DI AEROMOBILI LS	lsa	FO	SAGGIANI GIAN MARCO	808
PROPAGAZIONE L A	lte,lti,ltt	CE	DEGLI ESPOSTI VITTORIO	810
PROPULSIONE AEROSPAZIALE L	lta	FO	MINELLI GIORGIO SPINA PIER RUGGERO	811
RETI DI CALCOLATORI LA	ltt,lti,lte	CE	SALATI CLAUDIO	812
RETI DI TELECOMUNICAZIONI L A	lti,ltt,lte	CE	CALLEGATI FRANCO	813
RETI DI TELECOMUNICAZIONI L B	ltt	CE	CERRONI WALTER	815
RETI DI TELECOMUNICAZIONI L S	S	CE	CALLEGATI FRANCO	816
RICERCA OPERATIVA L A	lti	CE	VIGO DANIELE	817
SCIENZA DEI METALLI L	lta,ltm	FO	CESCHINI LORELLA	818
SISTEMI DI PROPULSIONE AVANZATI LS	lsa	FO	PONTI FABRIZIO	819
SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI L A	ltt	CE	CAINI CARLO	820
SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI L S	S	CE	DARDARI DAVIDE	821
SISTEMI E TECNOLOGIE PER L'AUTOMAZIONE L S	S	CE	TONIELLI ALBERTO	821
SISTEMI ELETTRONICI L S	S	CE	SANGIORGI ENRICO	822
SISTEMI ENERGETICI L	ltm	FO	MORO DAVIDE	822
SISTEMI INFORMATIVI DISTRIBUITI	S	CE	MORO GIANLUCA	823
SISTEMI INFORMATIVI L A	lti	CE	LUMINI ALESSANDRA	824
SISTEMI INTELLIGENTI NATURALI E ARTIFICIALI BS	lsb	CE	URSINO MAURO	825
SISTEMI OPERATIVI L A	ltt,lti	CE	BOARI MAURELIO	826
SPERIMENTAZIONE SULLE MACCHINE L	ltm	FO	BIANCHI GIAN MARCO	827
STRUMENTAZIONE BIOMEDICA BS	lsb	CE	AVANZOLINI GUIDO	827
STRUMENTAZIONE BIOMEDICA L	ltb	CE	CAVALCANTI SILVIO	828
STRUMENTAZIONE E MISURE ELETTRONICHE L A	lte	CE	PERETTO LORENZO	829
STRUTTURE E MATERIALI AEROSPAZIALI LS	lsa	FO	TROIANI ENRICO	829
TECNICA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE L	ltm	FO	CROCCOLO DARIO	830
TECNICHE ELETTROMAGNETICHE PER LA LOCALIZZAZIONE ED IL CONTROLLO AMBIENTALE L S	S	CE	DEGLI ESPOSTI VITTORIO - FALCIASECCA GABRIELE	831
TECNOLOGIA MECCANICA L A	ltm	FO	TOMESANI LUCA	832
TECNOLOGIA MECCANICA L B	ltm	FO	BARONCINI GIOVANNI	833
TECNOLOGIE DI CHIMICA APPLICATA LS	lsm	FO	BONORA VIRNA	835
TECNOLOGIE PER SISTEMI A RADIO FREQUENZA	S	CE	COSTANZO ALESSANDRA	836
TEORIA DELL'INFORMAZIONE E CODICI LS	S	CE	CHIANI MARCO	836
TRASPORTI AEREI LS	lsa	FO	LUPI MARINO	838

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI RESI DISPONIBILI DAI DOCENTI II FACOLTÀ DI INGEGNERIA (CON SEDE A CESENA)

AERODINAMICA APPLICATA LS **FO, cds: lsa**
Docente: **Alessandro Talamelli**, prof. ass.

Programma del corso:
I FLUIDI E IL LORO MOTO
Cenni di fisica dei fluidi – Proprietà – L'ipotesi del continuo – Viscosità e conducibilità, il numero di Prandtl.

LE EQUAZIONI DI NAVIER STOKES
I principi del moto – Il tensore di Cauchy – Equazione del moto di cauchy – L'equazione dell'energia – Il tensore di deformazione – Le equazioni costitutive.

SOLUZIONI DELLE EQUAZIONI DI NAVIER STOKES
Il moto di Couette e di Poiseuille – Blasius – Metodi integrali per il calcolo dello strato limite – Il metodo di Polhausen.

INSTABILITÀ IDRODINAMICA E TRANSIZIONE
Aspetti introduttivi – Definizioni di stabilità e di Re critico – Evoluzione spaziale e temporale dei disturbi – Soluzione del problema non viscoso e viscoso – Instabilità del problema di Blasius – Cenni sulle instabilità secondarie – Scenari relativi alla transizione.

LA TURBOLENZA
Aspetti introduttivi – Richiami di statistica – Le scale spaziali e temporali – Le equazioni del moto turbolento – Esempi di flussi turbolenti – Analisi spettrale – Cenni sui metodi di calcolo per flussi turbolenti.

AERODINAMICA NON STAZIONARIA
Il buffettin – Galloping – Flutter – carichi da vortex shedding.

METODI SPERIMENTALI PER L'AERODINAMICA
Il teorema di Buckingam – Le gallerie del vento – Tipologie e caratteristiche.
Metodologie di misura: Pitot, anemometria a filo caldo, anemometria Laser Doppler.
Misure di forza: le bilance estensimetriche – Metodi di visualizzazione.
Acquisizione ed elaborazione dei dati – Analisi dell'errore.

Seminari
Durante il corso saranno effettuati dei seminari riguardanti aspetti applicativi dell'aerodinamica in campo aeronautico e industriale. Gli argomenti dei seminari svolti andranno a fare parte integrante del programma e potranno essere oggetto di verifica in sede di esame

Bibliografia

Aerodinamica – Appunti del Prof. Buresti.

Physical Fluid Dynamics – D. J. Tritton – Clarendon Press Oxford – ISBN 0-19-854493-6.
Elementary Fluid Dynamics – D. J. Acheson – Clarendon Press Oxford – ISBN 0-19-859679-0.
Viscous fluid flow – F. White – Mc Graw Hill – ISBN 0070697124.
Fluid Mechanics measurements – R. J. Goldstein – Taylor and Francis - ISBN 1-56032-306-X.
An Introduction to Turbulent Flow – J. Mathieu, J. Scott – Cambridge University Press - ISBN 0-521-77538-8.

AERODINAMICA DEGLI AEROMOBILI L **FO, cds: lta**
Docente: **Alessandro Talamelli,** prof. ass.

Programma del corso:
RICHIAMI DI FLUIDODINAMICA
Caratterizzazione dei fluidi e del loro moto-Le equazioni del moto
Origine e dinamica della vorticità-Lo strato limite-La separazione
Origine delle forze su corpi aerodinamici

I PROFILI ALARI
Generalità
Forma e classificazione dei profili alari
Distribuzione delle pressioni sui profili e loro prestazioni
Lo stallo dei profili alari
Valutazione numerica della portanza sui profili alari
Cenni sulle trasformazioni conformi - Teoria dei profili sottili
Cenni sui metodi a pannelli per i profili alari
Effetti della comprimibilità
Profili alari in regime transonico
Profili alari in regime supersonico – Shock expansion theory – Teoria linearizzata
Valutazione numerica della resistenza sui profili alari
Lastra piana ad incidenza nulla-Cenni sui metodi integrali
Il progetto di profili alari
Profili spessi-Profili ad alta capacità portante-Profili transonici (supercritici)
Sistemi di ipersostentazione

L'ALA DI APERTURA FINITA
Generalità-Campo di velocità e vorticità in un'ala di apertura finita
La scia e la resistenza indotta
Valutazione numerica della portanza sulle ali di apertura finita
Teoria della linea portante
Cenni sui metodi a pannelli
Effetti della presenza della freccia
Effetti della comprimibilità
Ali in regime supersonico
Valutazione numerica della resistenza sulle ali di apertura finita
Cenni sugli strati limite 3-D
Il progetto aerodinamico delle ali di apertura finita
Geometria e distribuzione di portanza lungo l'apertura alare
Lo stallo nell'ala di apertura finita
La polare dell'ala di apertura finita

IL VELIVOLO COMPLETO
Cenni sull'aerodinamica della fusoliera
La coda
La configurazione canard
Configurazione "tailless"
Stima della polare del velivolo completo

Testi consigliati

Aerodinamica – Appunti del Prof. Buresti – Disponibili in segreteria studenti.
Fundamentals of aerodynamics – John D. Anderson – Third edition – Mc Graw Hill, ISBN: 0072373350.
Applied Aerodynamics – A Digital Textbook – Ilan Kroo – Desktop Aeronautics Inc.

AFFIDABILITÀ E SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE L **FO, cds: lta,ltm**
Docente: **Sergio Curioni,** prof. ord.

Programma del corso:

1. L'applicazione dei concetti di qualità nelle fasi di progettazione e controllo dei sistemi di produzione (la funzione perdita, il progetto di sistema, l'individuazione dei parametri fondamentali di progetto, la scelta delle tolleranze di progetto).
2. Il ruolo dei metodi statistici nella gestione dei processi di produzione.
3. I fogli di raccolta delle informazioni (definizione degli obiettivi, esempi di fogli di raccolta dati).
4. Analisi di Pareto e diagramma causa-effetto (descrizione e costruzione di un diagramma di Pareto, relazione fra diagramma di Pareto e diagramma causa-effetto, stesura e valutazione di alcuni esempi).
5. Istogrammi e diagrammi di correlazione (costruzione di un istogramma, interpretazione degli istogrammi, parametri fondamentali per rappresentare le caratteristiche di distribuzione, differenti tipi di distribuzione, costruzione ed interpretazione dei diagrammi di correlazione, calcolo dei coefficienti di correlazione e stima della retta di regressione).
6. Metodi per il controllo ed il miglioramento di un processo (la teoria del campionamento, diversi tipi di carte di controllo, la costruzione delle carte di controllo, l'interpretazione delle carte di controllo, la formazione dei sottogruppi, il controllo di un processo utilizzando le carte di controllo, esempi di carte di controllo).
7. Introduzione all'inferenza statistica (distribuzione di parametri statistici, verifica di ipotesi, stima e significatività dei parametri utilizzati).
8. Applicazione nel settore meccanico della norma UNI-EN 29002 relativa all'organizzazione di un sistema di Garanzia di Qualità delle aziende (documentazione del sistema qualità e responsabilità operative, il manuale di garanzia di qualità e le procedure applicative).

Libri consigliati

KUME H., *Metodi statistici per il miglioramento della qualità*, ed. ISEDI.
DIVOR H., CHANG T.H., SUTHERLAND J.W., *Statistical Quality Design and Control*, Ed. Maxwell MacMillan.

ANALISI MATEMATICA LA **CE, cds: ltt, lte, lti, ltb**
Docente: **Massimo Cicognani**, prof. ord.

Teoria
Numeri reali
Numeri reali: numeri reali (richiamo intuitivo), numeri interi e numeri razionali
Estremo superiore ed estremo inferiore: massimo e minimo, maggioranti e minoranti, estremi superiore ed inferiore, massimo ed estremo superiore, completezza di R rispetto all'ordine, lo spazio ordinato $\bar{\mathbf{R}}$, funzione, funzione costante e funzione identica, composizione di funzioni, estremi di funzioni.
Funzioni lineari e funzioni affini: funzioni lineari ed affini.
Potenze: potenze con esponente naturale, funzioni potenza di esponente naturale, potenze con esponente intero, funzioni potenza di esponente intero.
Radice quadrata: funzione inversa, radice aritmetica, radice di indice dispari,
Valore assoluto, segno: valore assoluto, segno.
Polinomi: polinomi (introduzione intuitiva), operazioni fra polinomi, divisibilità fra polinomi, polinomio di secondo grado.
Equazioni e disequazioni reali: equazioni reali, disequazioni.
Numeri complessi
I numeri complessi: i numeri complessi, i numeri reali come numeri complessi, il numero i, parte reale, immaginaria, coniugato, modulo.
Lo spazio eulideo $\mathbf{R}^N$
l'insieme $\mathbf{R}^N$:
L'insieme $\mathbf{R}^N$, componenti di una funzione vettoriale.
Somma e prodotto per uno scalare: somma e prodotto per uno scalare.
Prodotto scalare: prodotto scalare, norma.
Topologia di $\mathbf{R}^N$
Lo spazio topologico $\mathbf{R}^N$: distanza in $\mathbf{R}^N$, intorni in $\mathbf{R}^N$, insiemi aperti e chiusi, interno e chiusura, frontiera e punti isolati.
Continuità: continutà, alcune funzioni continue.
Alcuni spazi topologici: intorni di $\bar{\mathbf{R}}$, intorni destri e sinistri, alcuni spazi topologici.
Limiti: convergenza, univocità della convergenza, funzioni convergenti, funzioni convergenti e funzioni continue, teorema della permanenza del segno, limite di una funzione compresa fra due funzioni, alcuni limiti, limite di una funzione polinomiale, limite di una funzione razionale, limite di una successione, limite della successione esponenziale.
Teorema di Wierstrass: teorema di Weierstrass.
Teorema del valor intermedio: teorema del valor intermedio.
Confronto asintotico
Confronto asintotico: funzioni di ordine asintotico inferiore, funzioni dello stesso ordine asintotico, funzioni asintoticamente trascurabili, funzioni asintoticamente equivalenti, confronto asintotico e somma di funzioni, confronto asintotico e prodotto di funzioni, infinitesimi e infiniti, confronto asintotico per alcune funzioni, principio di sostituzione nei limiti.
Asintoti: sviluppo asintotico affine, asintoti.
Serie
Serie: somme parziali, serie, serie geometrica, condizione necessaria per la convergenza di una serie, resto di una serie, serie armonica.
Serie a termini positivi: serie a termini positivi, criterio del confronto, serie armonica generalizzata di esponente intero, criterio del rapporto, serie $\sum_{n=1}^{\infty} n^p a^n$, serie $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^p a^n}{n!}$, confronto asin-

totico fra potenze, esponenziali e fattoriali, criterio della radice,
Serie a termini qualsiasi: criterio di Leibniz,
Serie assolutamente convergenti serie assolutamente convergenti.
Serie di potenze
Serie di potenze: serie di potenze, cerchio di convergenza.
Somma di una serie di potenze: comportamento asintotico. della somma,
Funzioni elementari complesse: esponenziale, seno, coseno, seno iperbolico, coseno iperbolico, proprietà del seno, coseno, seno iperbolico, coseno iperbolico, equivalenza asintotica per seno, coseno, seno iperbolico, coseno iperbolico, sviluppi asintotici per seno, coseno, seno iperbolico, coseno iperbolico.
Derivate
Derivata: incremento e rapporto incrementale, significato geometrico del rapporto incrementale funzioni derivabili in un punto, funzioni derivabili in un insieme, derivata di alcune funzioni, derivabilità e continuità, derivabilità rispetto a $\bar{\mathbf{R}}$, significato geometrico della derivata, differenziale, derivata destra e sinistra, regole di derivazione, derivata di una funzione polinomiale e di una funzione potenza, derivata della funzione composta, funzioni monotone, derivata della funzione inversa, derivata della funzione radice,
Derivate di ordine superiore: funzione derivabile due volte in un punto, funzione dêrivabile due volte in un insieme, derivate d'ordine superiore.
Derivata di una serie di potenze: derivata di una serie di potenze, derivata delle funzioni elementari.
Estremanti relativi e derivata prima: estremanti relativi, estremanti relativi e derivata prima.
Teorema del valor medio: teorema di Rolle, teorema di Lagrange, funzioni con derivata nulla, funzioni monotone e derivata prima, regole di De l'Hospital, derivata come limite della derivata prima.
Funzioni convesse: funzioni convesse e concave, funzioni convesse e derivata seconda.
Polinomio di Taylor di una funzione in un punto: polinomio di Taylor, proprietà del polinomio di Taylor, estremanti relativi e derivate d'ordine superiore.
Funzioni elementari reali
Funzione esponenziale reale: funzione esponenziale reale, logaritmo naturale, funzione logaritmo naturale, confronto asintotico fra logaritmi di funzioni, un'equivalenza notevole per il logaritmo.
Potenze di esponente reale e complesso: potenze di esponente reale e complesso, una proprietà del numero di Nepero.
Funzioni potenza di esponente reale: funzioni potenza di esponente reale, confronto asintotico con potenze, serie armonica generalizzata di esponente reale.
Funzione esponenziale di base a (D): funzione esponenziale di base a, confronto asintotico con esponenziali e potenze, logaritmi di base a, proprietà dei logaritmi, funzione logaritmo di base a, confronto asintotico fra logaritmi e potenze.
Funzioni iperboliche: funzione seno iperbolico reale, funzione coseno iperbolico reale, tangente iperbolica, funzione tangente iperbolica, argomento seno iperbolico, funzione argomento seno iperbolico, argomento coseno iperbolico, funzione argomento coseno iperbolico, argomento tangente iperbolica, funzione argomento tangente iperbolica.
Funzioni circolari: il numero π, seno e coseno di alcuni numeri reali, relazione fra seno, coseno e π, funzione seno reale, funzione coseno reale, tangente, funzione tangente, cotangente, arcoseno, funzione arcoseno, arcocoseno, funzione arcocoseno, arcotangente, funzione arcotangente, studio di funzione.
Funzioni elementari complesse
Argomento di un numero complesso: la funzione e^{it}, argomento di un numero complesso,

numeri complessi uguali, espressione dell'argomento, formula di De Moivre.
Radici complesse: radici complesse, posizione delle radici.
Logaritmi complessi: logaritmi complessi.
Integrali e primitive
Primitive: primitiva, alcune primitive, primitive su di un intervallo, primitiva di una funzione continua.
Integrale di una funzione continua: integrale di una funzione continua, additività dell'integrale, funzione integrale, linearità dell'integrale, teorema della media integrale, significato geometrico dell'integrale, integrale come somma infinita di quantità infinitamente piccole, positività dell'integrale, integrazione per parti, integrazione per sostituzione.
Alcuni sviluppi in serie: serie logaritmica, sviluppo in serie dell'arcotangente,
Formula di Taylor con resto integrale: formula di Taylor con resto integrale, formula di ztaylor con resto di Lagrange, binomio di Newton, serie binomiale.
Integrali impropri
Integrali impropri: integrali impropri su semirette, integrali impropri su intervalli limitati, integrale improprio di una costante, integrale improprio di un esponenziale, integrale improprio del logaritmo, integrale improprio di una potenza, una condizione per la convergenza.
Integrali impropri di funzioni positive: integrale improprio di funzioni positive, criterio del confronto, criterio del confronto asintotico, integrale improprio di x^a a^x.
Integrali impropri assolutamente convergenti: integrali impropri assolutamente convergenti.

Laboratorio
Il corso non prevede esercitazioni in laboratorio.

Modalità di svolgimento esame
Le modalità di svolgimento dell'esame sono comunicate dal docente durante il corso.

Testi e materiale didattico di supporto

Fotocopie dei lucidi usati nel corso.
Fascicolo dei compiti assegnati negli anni precedenti.
S. ABENDA, S. MATARASSO: *Analisi Matematica*, Società Editrice Esculapio, Bologna.
Collegato al libro, è disponibile l'eserciziario di S. Abenda, S. Matarasso, A. Parmeggiani (parte prima, parte seconda), strutturato in esercizi a risposta multipla.

ANALISI MATEMATICA LB **FO, cds: lta,ltm**
Docente: **Davide Guidetti**, prof. straord.

Programma del corso:
Lo spazio euclideo R^n; funzioni di più variabili reali; calcolo differenziale per funzioni di più variabili reali; equazioni differenziali ordinarie; teoria della misura e dell'integrazione secondo Lebesgue; curve e integrali curvilinei; campi vettoriali e potenziali.

Testi d'esame:

appunti del docente (per ciascuno dei corsi).
Modalità d'esame: questionario a risposte multiple + due domande di teoria scritte; a seguire prova orale.

ANALISI MATEMATICA L B **CE, cds: ltt, lte, ltt, ltb**
Docente: **Massimo Cicognani**, prof. ord.

Teoria
Calcolo differenziale in più variabili, derivabilità, differenziabilità, derivate direzionali.
Differenziabilità delle funzioni a valori vettoriali, composizione di funzioni.
Massimi e minimi locali.
Varietà ed estremanti condizionati.
Equazioni differenziali, problema di Cauchy.
Equazioni lineari del primo ordine, Equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti di ordine n.
Equazioni a variabili separabili.
Successioni e serie di funzioni, convergenza uniforme, serie di potenze, serie di Fourier.
Misura ed integrazione, misura di Peano Jordan, integrale multiplo.
Riduzione, cambiamento di variabile.
Curve, integrali curvilinei. Campi vettoriali e lavoro.
Campi conservativi.

Modalità di svolgimento esame
L'esame consta di una una prova scritta ed una orale.
La prova scritta finale consiste in una serie di quesiti a risposta multipla, durata 3 ore.
Essa potrà essere divisa in due prove parziali di 1 + 1/2 ore dello stesso tipo, la prima a metà corso, la seconda al termine contestualmente alla prova finale. Lo studente che ha sostenuto la prima prova parziale sceglierà se affrontare la seconda o la prova finale intera prima dell'inizio dell'esame. La scelta dovrà essere immediata ed irrevocabile.
La prova orale sarà facoltativa per chi supera lo scritto attraverso i parziali, obbligatoria per gli altri. Il docente si riserva il diritto di controllare comunque la preparazione conseguita attraverso un colloquio qualora lo ritenesse necessario.
Gli studenti degli anni precedenti potranno chiedere di sostenere l'esame con il programma degli anni scorsi e le passate modalità. In questo caso non sono previste prove parziali.

Testi e materiale didattico di supporto

S. ABENDA, S. MATARASSO: *Analisi Matematica*, Società Editrice Esculapio, Bologna.
Collegato al libro, è disponibile l'eserciziario di S. Abenda, S. Matarasso, A. Parmeggiani (parte prima, parte seconda), strutturato in esercizi a risposta multipla.
P. MARCELLINI, C. SBORDONE: *Esercitazioni di Matematica, Vol II, parte prima e parte seconda*, liguori Editore.

ANALISI MATEMATICA L C **CE, cds: ltt, lte, ltt, ltb**
Docente: **Massimo Cicognani**, prof. ord.

Programma del corso:
Funzioni di variabile complessa (20 ore):
Funzioni elementari, serie di potenze, funzioni analitiche, funzioni olomorfe, equazioni di Cachy-Riemann.
Integrali curvilinei in campo complesso, formula integrale di Cauchy.

Le funzioni olomorfe sono analitiche. Funzioni meromorfe, classificazione delle singolarità, serie di Laurent. Teorema dei residui e sue apllicazioni al calcolo di integrali di variabile reale.
Teoria elementare delle distribuzioni (5 ore):
Motivazione, definizione, derivata in senso distribuzioni, comparazione con la derivata classica, moltiplicazione con una funzione regolare. Principali distribuzioni (delta, Heaviside, valor principale ...).
Serie di Fourier (10 ore):
Serie di Fourier in uno spazio di Hilbert, disuguaglianza di Bessel, uguaglianza di Parseval. Il caso delle funzioni di quadrato sommabile, convergenza puntuale.
Applicazione alla soluzione della equazione del calore ed alla equazione di D'Alambert in una variabile di spazio in un intervallo limitato con condizioni al contorno.
Trasformata di Fourier (13 ore):
Dalla serie alla trasformata, trasformata per funzioni sommabili, formula di inversione. Distribuzioni temperate e loro trasformata, calcolo delle principali trasformate, proprietà fondamentali e loro forza nelle applicazioni.
Spazi invarianti per trasformazione (funzioni rapidamente decrescenti, funzioni di quadrato sommabile:
uguaglianza di Parseval, distribuzioni temperate).
Applicazioni alla soluzione del problema di Cauchy per l'equazione del calore e delle onde in una variabile di spazio che corre su tutto l'asse reale, applicazioni ad altre equazioni alle derivate parziali iperboliche e paraboliche.
Trasformata di Laplace (12 ore):
Definizione, segnali esponenziali, principali trasformate.
Distribuzioni trasformabili, proprietà fondamentali, formula di inversione.
Applicazione alla soluzione di problemi per equazioni differenziali ordinarie.

ANALISI NUMERICA BS B **CE, cds: ltb**
Docente: **Fabiana Zama**, ric.

Argomenti:
– Derivazione e Integrazione Numerica.
– Equazioni Differenziali Ordinarie.
– Equazioni a derivate parziali: analisi della soluzione numerica di alcuni problemi di rilievo applicativo mediante metodi alle differenze finite ed elementi finiti.
Discussione degli aspetti algoritmici ed implementativi mediante esempi in linguaggio MATLAB e FEMLAB.

Bibliografia

V. Comincioli, *Analisi numerica*, McGraw-Hill, 1990.
A. Quarteroni, *Modellistica Numerica per Problemi Differenziali*, Springer 2000.

AVIONICA E SISTEMI DI RADIOCOMUNICAZIONE

FO, cds: lta

Docente: **Fabio Curti**, prof. inc.

Programma del corso:

1. *Il Radiocollegamento nei sistemi Aerospaziali*
Elementi di Teoria dei Segnali deterministici e aleatori
Segnali Analogici e Digitali
Antenne e Propagazione delle Onde Elettromagnetiche
Disturbi e Rumore nel radiocollegamento

2. *Tecniche di Modulazione e Codifica*
Modulazione Analogica (AM, FM, PM)
Modulazione Digitale (ASK, BPSK, QPSK, FSK e Spread Spectrum)
Codifica di un segnale digitale

3. *Sistemi di terra per la Radiocomunicazione*
La Stazione di terra
Dispositivi per la radiocomunicazione
Protocolli di comunicazione
Dispositivi per l'inseguimento di un veicolo aerospaziale

4. *Avionica per la Radiocomunicazione*
Dispositivi di bordo per la radiocomunicazione
Architettura di processamento dei segnali

5. *Avionica di Assetto di un Veicolo Aerospaziale*
Dispositivi di bordo per misure di posizione e velocità angolari
Metodi di determinazione di Assetto

AZIONAMENTI ELETTRICI L

FO, cds: ltm

Docente: **Giovanni Serra**, prof. ass.

Finalità del corso

Il corso affronta le problematiche inerenti l'impiego degli azionamenti elettrici nei sistemi di automazione industriale. Vengono esaminati gli azionamenti con macchine a corrente continua e a corrente alternata. Per ogni tipologia sono evidenziate le caratteristiche di funzionamento in relazione al tipo di impiego con riferimento sia all'attuatore che al convertitore per l'alimentazione.

Programma del corso

Azionamenti con motori a corrente continua. Caratteristiche dei motori c.c. nelle varie modalità di alimentazione e di eccitazione. Regolazione della velocità mediante controllo dell'armatura e dell'eccitazione. Alimentazione di motori c.c. mediante raddrizzatore controllato e chopper. Funzionamento su uno, due e quattro quadranti. Azionamenti per assi e per mandrini.

Azionamenti con motori sincroni. Motori sincroni con rotore liscio ed a poli sporgenti. Motori sincroni a magneti permanenti. Alimentazione tramite convertitori statici a corrente ed a tensione impressa. Caratteristiche dei motori brushless.

Azionamenti con motori asincroni. Caratteristiche dei motori asincroni nel funzionamento a

flusso costante e con rapporto costante tensione/frequenza. Alimentazione tramite convertitori statici. Campi di funzionamento a coppia costante ed a potenza costante. Azionamenti a controllo di scorrimento. Cenni sulle tecniche di controllo ad orientamento di campo.

Azionamenti con motori passo. Varie tipologie di motori passo. Caratteristiche di funzionamento, tecniche di alimentazione, regioni di instabilità. Motori switched-reluctance.

Testi consigliati

FITZGERALD A.E., KINGSLEY C. JR., KUSKO A., *Macchine Elettriche*, Franco Angeli Editore, Milano.
CHAPMAN S.J., *Macchine elettriche*, Gruppo Editoriale Jackson, Milano.
O'KELLY D., *Performance and control of electrical machines*, McGraw-Hill Book Company.

BIOCHIMICA BS **CE, cds: lsb**
Docente: **Emanuele Giordano** ric.

Finalità:

Il Corso intende offrire una visione degli eventi molecolari che si svolgono in scala cellulare, proponendo analogie con la tecnologia corrente su scala macroscopica.

L'obiettivo dell'insegnamento è uno sguardo aggiornato alle soluzioni pratiche che la cellula sfrutta per svolgere le sue funzioni generali attraverso l'equipaggiamento molecolare del quale è dotata.

È atteso che chi fruisce del Corso sviluppi una conoscenza biochimica di base orientata verso una prospettiva operativa nell'ambito dell'ingegneria cellulare e della nanomedicina.

Requisiti richiesti:

Rilettura del programma dell'Insegnamento di Chimica (eventualmente) seguito durante il precedente Corso triennale.

Comprensione della lingua inglese scritta.

Programma del Corso

Saranno sviluppati i seguenti argomenti:
Propedeutica biochimica;
Macromolecole (Acidi nucleici, Proteine, Carboidrati, Lipidi);
La scena dell'azione (la cellula);
Catalisi e cinetiche enzimatiche;
Processi estrattivi dell'energia: metabolismi;
Archivio e flusso dell'informazione (Codice genetico, Replicazione e trascrizione del DNA, Traduzione dell'RNA, Sintesi proteica e processi post-traduzionali, Regolazione dell'espressione genica);
Interazioni tra cellule: vie di segnale inter- e intracellulari;
Cinetica cellulare (traffico intracellulare, contrazione, movimento);
Argomenti di biochimica sistematica umana;
Tecnologia del DNA ricombinante;
Nanomedicina.

Testo di riferimento:

Molecular Biology of the Cell, Julian Lewis Martin Raff Alexander Johnson Keith Roberts Peter Walter Bruce Alberts, 4th ed., 1616pp. ISBN: 0815332181, Editore: Garland Publishing, Incorporated. Data di pubblicazione: Maggio 2002.

Modalità di svolgimento dell'esame:
Scritto e orale

Ricevimento Studenti:
Tutti i giorni, per appuntamento.

BIOIMMAGINI BS **CE, cds: lsb**
Docente: **Alessandro Sarti**, ric.

Finalità del corso:
L'insegnamento si propone di fornire gli elementi di base per la caratterizzazione delle bioimmagini sia dal punto di vista dei metodi di elaborazione di immagini biomediche sia per quanto riguarda la definizione dei sistemi di visione biologici e artificiali. Dopo una lunga introduzione dei metodi classici per l'elaborazione di immagine, verranno considerate le tecniche innovative risulanti dalla ricerca contemporanea che fanno uso di equazioni differenziali alle derivate parziali per il filtraggio e la segmentazione di bioimmagini. Particolare attenzione verrà posta alla acquisizione e visualizzazione di immagini di funzionalità cerebrale che prendono il nome di neuroimmagini. Dall'analisi di neuroimmagini della corteccia visiva si passerà poi allo studio e alla modellazione dell'architettura funzionale della corteccia visiva dei primati, ponendo così i primi elementi per capire il meccanismo della visione umana.
Semplici sistemi di visione artificiale verranno sviluppati e implementati nell'attività di laboratorio.

Programma del corso:
1. Generalità
   1.1 Introduzione: cosa sono le bioimmagini
   1.2 Segnali monodimensionali e multidimensionali
   1.3 Tipologie di immagini: binarie, a toni di grigio, a colori, multispettrali

2. Aritmetica dell'immagine
   2.1 Addizione,sottrazione, moltiplicazione,divisione
   2.2 Combinazione lineare

3. Operazioni puntuali
   3.1 Sogliatura
   3.2 Sogliatura adattativa
   3.3 Streching di contrasto
   3.4 Operatori logaritmici ed esponenziali
   3.5 L'istogramma e la sua equalizzazione

4. Analisi dell'immagine
4.1 Intensità dell'istogramma
4.2 Classificazione
4.3 Raggruppamento con componenti connesse

5. Filtraggio nel dominio dell'immagine
5.1 Integrali di convoluzione
5.2 Filtro a media
5.3 Filtro mediano
5.4 Filtraggio gaussiano
5.5 Filtraggio conservativo
5.6 Laplaciano di Gaussiana

6. Estrazione di contorni
6.1 Definizione di contorno
6.2 Operatore di Roberts
6.3 Operatore di Sobel
6.4 Operatore di Marr
6.5 Operatore di Canny

7. Metodi Level Set
7.1 Definizione di zero level set
7.2 Definizione di normale e curvatura
Soluzioni viscose del moto per curvatura
Moto per advezione
Equazione completa del moto di curve
Estensione ad ipersuperfici
Definizione di curvatura media
Evoluzione di superfici per curvatura media
Equazione completa del moto di superfici

8. Segmentazione di Bioimmagini 2D con metodi Level Set
L'indicatore di contorni
Segmentazione di immagini per evoluzione di curve
Evoluzione con inflation
Evoluzione geodetica
Evoluzione mista
Superfici Soggettive in 2D
Evoluzione con stima delle distribuzioni statistiche

9. Segmentazione di Bioimmagini 3D con metodi Level Set
L'indicatore di contorni
Segmentazione di volumi per evoluzione di superfici
Evoluzione con inflation
Evoluzione per curvatura geodetica e superfici minime
Manifold Soggettivi
Evoluzione di manifold con stima delle distribuzioni statistiche

10. Tecniche di Neuroimaging

10.1 Nuove tecniche di visualizzazione dell'attività cerebrale
10.2 La risonanza magnetica funzionale
10.3 Metodi di Optical Imaging
10.4 NIRS
10.5 Tecniche di visualizzazione dell'attività della corteccia visiva

11. La segmentazione nei sistemi biologici: Architettura Funzionale della corteccia visiva
11.1 Dalla visualizzazione alla modellazione della funzionalità della corteccia
11.2 Le cellule semplici come filtri di Gabor
11.3 La struttura a ipercolonne
11.4 Il lifting delle immagini
11.5 L'esperimento di Field, Hayes e Hess
11.6 La connettività orizzontale tra ipercolonne
11.7 Fibrato tangente e gruppo di Roto-traslazione
11.8 Locale e Globale: dall'algebra di Lie ai gruppi finiti
11.9 I campi di associazione e la mappa esponenziale
11.10 I contorni delle immagini come curve integrali del gruppo
11.11 I contorni illusori e le geodetiche nel gruppo di rototraslazione

Esercitazioni
Il programma sarà corredato da esercitazioni in laboratorio in cui le tecniche esposte a lezione verranno applicate a casi di interesse reale.

Seminari
Lezioni seminariali verranno tenute su argomenti specifici da esperti del settore, in particolare per quanto riguarda le tecniche di neuroimaging e lo studio dell'architettura funzionale della corteccia visiva.

Lavori di approfondimento e tesi di laurea
Gli studenti saranno stimolati a formare dei gruppi di lavoro su argomenti di particolare interesse che potranno essere approfonditi come successivo lavoro di tesi. Numerosi titoli di tesi saranno proposti dal docente, anche su suggerimento degli studenti.

Propedeuticità consigliate:
Elaborazione di dati e segnali biomedici, Analisi numerica, Sistemi intelligenti naturali e artificiali

Bibliografia

Testi obbligatori
Dispense e materiale multimediale forniti dal docente

Testi di riferimento

G.Valli, "Bioimmagini", Patron, 2001
J.A.Sethian, "Fast Marching Methods and Level Set Methods", Cambridge University Press, 1999
D.Marr, "Vision", MIT Press, 1996
D.H. Hubel, "Occhio,Cervello, Visione", Zanichelli 1989

J.PETITOT, F.VARELA, "Naturalizing Phenomenology", Stanford University Press,1999

Modalità d'esame:
Orale

BIONGEGNERIA MOLECOLOLARE E CELLULARE BS **CE, cds: lsb**
Docente: **Silvio Cavalcanti** prof. ass.

Il corso presenta le principali metodologie analitiche e tecnologiche per lo studio dei processi biologici su scala molecolare e cellulare. L'allievo è introdotto ai metodi in uso per gli studi di genomica e proteomica funzionale. Particolare enfasi è data allo studio dei processi biofisici alla base della eccitabilità della membrana cellulare ed all'utilizzo dell'analisi modellistica orientata allo sviluppo di simulatori e alla generazione di dati simulati. L'allievo deve familiarizzare con le tecniche di rappresentazione astratta dell'osservazione sperimentale attraverso esempi che illustrano come si derivano le equazioni dei modelli e come si implementano e si utilizzano i modelli al calcolatore. Gli esempi considerati riguardano: modelli cinetici di reazioni molecolari ed enzimatiche, modelli d'interazione tra meccanismi in competizione o in cooperazione, modelli di sistemi a dinamica complessa, modelli di cellule eccitabili.

Principali argomenti trattati
Richiami di meccanica e termodinamica statistica; Elementi di teoria delle biforcazioni; Biopolimeri; Microprocessi per la produzione di biomolecole e biostrutture; Meccanica e dinamica molecolare; Interazione intermolecolari; Ingegneria delle proteine e del DNA; Macchine e calcolo molecolare; Nanosistemi molecolari; Biochip; Bioinformatica e banche dati; Struttura e funzione delle proteine integrali; Sistemi di espressione eterologi; Eccitabilità cellulare; Introduzione ai sistemi neurosensoriali;

Testi usati dal docente per preparare le lezioni

Molecular Engineering of Nanosystems by E. A. Rietman
Biological Micro- and Nanotribology by M. Scherge and S. Gorb
Integrated microfabricated biodevices by M. Heller and A. Guttman
Computational modelling of genetic and biochemical networks by J. M. Bower and H. Bolouri
Bioinformatica by A. Tramontana
Introduzione alla Struttura delle proteine by C. Branden and J. Tooze
Biologia molecolare della cellula by H. Lodish, et al.
Ion Channels of Excitable Mambranes by Hille,
Fundamental Neuroscience by Zigmond et al.

BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE BS **CE, cds: lsb**
Docente: **Angelo Cappello**, Prof. Straord.

Finalità del corso:
Il corso si propone di introdurre lo studente alle problematiche della disabilità motoria conseguente a deficit del sistema muscolo-scheletrico e/o neuro-sensoriale. Verranno descritti i metodi per quantificare il grado di disabilità con tecniche strumentali. Saranno inoltre illustrati,

attraverso esempi tratti dalla pratica clinica, gli strumenti utilizzati per identificare la sede del danno ed intervenire attraverso tecniche di riabilitazione. Il corso è svolto con la collaborazione del Centro Protesi INAIL di Vigorso di Budrio e con il Rehabilitation Institute Luce.

Programma del corso:

Introduzione

Organizzazione del sistema nervoso centrale e periferico, anatomo-fisiologia del sistema muscolo scheletrico.

Parte I – Protesi ed ortesi

Introduzione alla Disabilità. Classificazione ICIDH e ICF.
Definizione di Ausilio. Ausili per l'autonomia. Design for all.
Sensori per disabilità motorie. Sistemi di Accesso al Computer. Tastiere speciali ed Emulatori di Mouse. Software per l'accesso al PC.
Sistemi domotici e standards. Modalità di trasmissione dati nei sistemi domotici. Domotica e disabilità.
Cenni sui Sistemi robotici.
Protesi ed ortesi. Fasi del trattamento protesico. Tecniche di costruzione.
Protesi di arto inferiore. Classificazione e codifica. Protesi esoscheletriche ed endoschele-triche.
Protesi di arto superiore. Classificazione e codifica. Protesi estetiche e protesi funzionali.
Ortesi.

Parte II – Stimolazione elettrica funzionale

Lesioni centrali e periferiche e conseguenti deficit motori.
Evoluzione spontanea del deficit motorio nella lesione spinale o nello stroke (ictus cerebrale).
Organizzazione del trattamento riabilitativo: fase acuta, fase stabilizzata, valutazione funzionale e scelta del setting di riabilitazione.
Tecnologie a disposizione del clinico per la valutazione funzionale del lesionato centrale (lesione spinale o stroke).
La stimolazione neuromuscolare: definizioni e nozioni di base.
La Stimolazione Elettrica Funzionale (SEF): applicazioni riabilitative e funzionali.
Stato dell'arte degli stimolatori neuromuscolari per SEF e risultati nella riabilitazione.
Il segnale mioelettrico: sua generazione ed elettromiografia.

Parte III – Il controllo della postura e del movimento

Il controllo posturale.
I disordini dell'equilibrio e la loro valutazione clinica.
La valutazione del controllo posturale per via strumentale: posturografia statica e dinamica.
Modelli del segnale posturografico: approcci statistici e deterministici.
Applicazioni cliniche della posturografia quantitativa. Caso di studio: valutazione funzionale del paziente parkinsoniano.
Tecniche di biofeedback per la riabilitazione dell'equilibrio.
Teorie del controllo motorio.
Modelli del sistema neuro-muscolo-scheletrico.
Strumenti per il controllo artificiale del movimento: le neuroprotesi.

Esercitazioni

Esercitazioni al calcolatore consentiranno di progettare e simulare esperimenti in modo realistico. Questi verranno successivamente realizzati nel laboratorio di Ingegneria Biomedica per

mettere a punto la metodologia. Lo svolgimento di tesine, anche in collaborazione col Centro Protesi INAIL e col Rehabilitation Institute Luce, consentirà a gruppi di studenti di approfondire alcuni aspetti del corso attraverso l'analisi di casi clinici.

Modalità di svolgimento dell'esame:
Prova scritta intermedia (open book), esame orale finale.

Testi consigliati

J.M.WINTERS, P.E.CRAGO (Eds.) Biomechanics and Neural Control of Posture and Movement, Springer-Verlag, New York, 2000.
A.CAPPELLO, A.CAPPOZZO, P.E. DI PRAMPERO (Eds.) Bioingegneria della Postura e del Movimento, Patron Editore, Bologna, 2003.

BIOINGEGNERIA L **CE, cds: ltb**
Docente: **Gianni Gnudi** prof. straord.

Finalità
Il corso si propone di introdurre gli studenti alle problematiche dell'ingegneria biomedica e di fornire le conoscenze di base per lo studio ingegneristico di alcuni importanti sistemi dell'organismo umano e della loro interazione con apparati artificiali di misura e terapia.

Programma
1. *L'ingegneria biomedica.* Definizione e finalità, figure professionali e relativa terminologia internazionale. Confronto fra sistemi biologici e sistemi artificiali dal punto di vista ingegneristico.
2. *Modelli matematici a compartimenti.* Definizione di compartimento. Descrizione della cinetica di sostanze mediante scambi fra compartimenti. Elementi di progetto degli esperimenti ingresso-uscita: identificazione parametrica e concetto di identificabilità.
3. *Sistema cardiocircolatorio.* Elementi di emodinamica: richiami di fluidodinamica, flusso ematico pulsatile nei vasi sanguigni e relativa analogia elettrica, impedenza vascolare, analisi fenomenologica del flusso nei vasi collassabili, il modello windkessel. Il sistema cardiovascolare come circuito chiuso: il modello di Guyton. Metodi di misura di grandezze e parametri che caratterizzano la circolazione sanguigna. Introduzione ai sistemi di assistenza circolatoria.
4. *Sistema respiratorio.* Modelli della meccanica respiratoria. Apparecchiature per la ventilazione artificiale.

Laboratori
Il corso è integrato da esercitazioni in aula e nel laboratorio di Ingegneria Biomedica.

Testi consigliati

Dispense redatte dal docente.

Modalità di svolgimento dell'esame
Scritto e orale

BIOMATERIALI L **CE, cds: ltb**
Docente: **Giovanni Valdrè**, ric.

Programma del corso:
Generalità
Introduzione e definizioni
Panoramica sulle applicazione dei biomateriali
Cenni di progettazione dei biomateriali
Definizione di compatibilità all'applicazione nell'uomo
La frontiera della ricerca: i materiali biomimetici e l'ingegneria tissutale

Reazioni dell'organismo all'impianto di materiali estranei
Introduzione e definizioni
Cenni di Biologia (la cellula, i tessuti, ecc.)
Il processo di guarigione di una lesione tissutale
La risposta dei tessuti all'impianto di materiale estraneo
La risposta del sangue
Le reazioni agli impianti che attraversano la cute o la mucosa

Struttura e proprietà dei materiali
Introduzione
Gli stati di aggregazione della materia
Lo stato gassoso e lo stato liquido
Lo stato solido ed i legami chimici nei solidi
Concetto di fase, la regola delle fasi
Cenni di termodinamica, energia libera, stabilità di fase
Principi di cristallografia
Ordine e disordine atomico, transizioni termodinamiche
Imperfezioni e difetti nei solidi
Relazione struttura-proprietà
Metodi per lo studio della struttura, della difettualità e della chimica dei materiali (microscopia elettronica, diffrazione di elettroni e di raggi X, fluorescenza di raggi X, microanalisi di raggi X, FTIR-UV-VIS, analisi termiche, spettrometria di massa, elettrodi iono-selettivi)
Considerazioni generali sulle proprietà meccaniche
Sollecitazione meccanica semplice, sollecitazione statica e sollecitazione dinamica
Ruolo dei difetti sulle proprietà meccaniche dei solidi
Viscoelasticità, creep e rilassamento dello sforzo
Durezza, attrito ed usura
Proprietà termiche, elettriche, acustiche ed ultrasoniche
Densità, porosità ed assorbimento dei raggi X
Permeabilità dentinale ed ossea
Proprietà ottiche, il colore e la sua determinazione

I biomateriali metallici
Struttura e proprietà dei materiali metallici
I diagrammi di equilibrio delle leghe (il diagramma FeC, NiTi, CoCr, la trasformazione martensitica)
I biomateriali metallici (acciai inossidabili, leghe CoCr e di Titanio, leghe auree, NiTi, amalgama, leghe a memoria di forma "Shape Memory Alloys")

Applicazioni dei metalli come biomateriali (endoprotesi ortopediche, materiali e protesi odontoiatriche, metalli ortodontici)
Problematiche, la corrosione (diagrammi di Pourbaix), la corrente di Faraday, la biocompatibilità e la tossicità
Processi tecnologici di produzione e formatura

I biomateriali ceramici
Struttura e proprietà dei materiali ceramici
I biomateriali ceramici
Materiali ceramici bioinerti, biodegradabili e bioattivi
Applicazioni dei bioceramici, funzionalità
Il carbonio ed il suo utilizzo come biomateriale
Processi tecnologici di produzione e formatura
I biominerali

I tessuti biologici
Fondamenti di chimica organica e di biochimica
Tessuti duri mineralizzati
Anatomia dell'osso e del dente
Proprietà meccaniche dei tessuti duri mineralizzati
Rimodellamento osseo e proprietà elettriche dell'osso
Proprietà meccaniche e chimico-fisiche dello smalto e della dentina
I tessuti molli
Anatomia della pelle, del tessuto vascolare e del tessuto muscolare
La cartilagine
Il collagene e i tessuti ricchi di collagene
L'elastina e i tessuti elastici, i tessuti compositi
Il collagene come biomateriale, trattamento e applicazioni
Anatomia dell'occhio, dell'orecchio e i relativi materiali sostitutivi

I Biomateriali polimerici sintetici
I polimeri sintetici e il processo di polimerizzazione
La struttura e la tessitura del materiale polimerico
La transizione vetrosa e il significato della temperatura di transizione vetrosa Tg
I polimeri termoplastici
I polimeri termoindurenti
Relazione tra struttura e proprietà dei polimeri
I biomateriali polimerici
Degradazione dei polimeri
Biocompatibilità
Processi tecnologici di produzione e formatura

I Biomateriali compositi
Metallo-ceramica
Metallo-metallo
Ceramico-ceramico
Polimero-ceramico
Metallo-organici
Applicazioni e processi tecnologici di produzione e formatura

Le Protesi
Protesi Vascolari
Protesi valvolari cardiache
Endoprotesi ortopediche
Protesi in odontoiatria
Protesi in oculistica
Chirurgia generale e plastica

Biocompatibilità - normativa-divulgazione scientifica
Test di valutazione
Test iniziali, test secondari e test di utilizzo
Fonti di informazioni sui biomateriali e sulla loro biocompatibilità
Banche dati, siti internet
I principali Laboratori e Centri di studio sui Biomateriali
L'Istituto Superiore di Sanità ed il Ministero
Le principali riviste sui Biomateriali

Commercializzazione e sorveglianza dei dispositivi medici
Direttiva nazionale, internazionale e recepimento italiano
Gli obblighi del produttore
Gli organismi notificati per il marchio CE
Il ruolo dei laboratori di prova
La responsabilità del medico e la sperimentazione clinica

Bibliografia:

R.PIETRABISSA, *Biomateriali per protesi e organi artificiali*, Pàtron Editore, Bologna
G.VALDRÈ, U.VALDRÈ, *Misure e complementi di fisica*, CLUEB, Bologna

BIOMECCANICA BS **CE, cds: lsb**
Docente: **Angelo Cappello,** prof. straord.

Finalità del corso:

Scopo dell'insegnamento è quello di fornire una visione unificante dei fenomeni biomeccanici nel sistema muscolo-scheletrico. Alla trattazione basata sul modello del corpo rigido, finalizzata alla stima dei carichi agenti sulle strutture, è affiancato lo studio delle sollecitazioni indotte nei materiali. A questo scopo viene richiamata la meccanica dei mezzi continui deformabili secondo un formalismo semplificato che fa ampio uso del calcolo matriciale. Partendo dall'analisi del comportamento di classi di materiali (equazioni costitutive) e utilizzando le equazioni di conservazione per i mezzi continui, lo studente è posto in condizione di scrivere le equazioni di campo che sono alla base della modellazione dei sistemi biomeccanici.

Verranno presentati sistemi CAD per la simulazione biomeccanica e per il calcolo delle sollecitazioni in condizioni statiche e dinamiche. Verranno inoltre presentate applicazioni all'ortopedia ed al progetto di apparecchiature diagnostiche e terapeutiche.

Programma del corso:

1. Modellistica dei tessuti passivi e attivi. Richiami sui tessuti: struttura e funzione. Compor-

tamento viscoelastico: rilassamento, creep, isteresi. Applicazione ad alcuni materiali costitutivi: elastina, collagene e muscolo. Analisi alle piccole deformazioni: teoria viscoelastica lineare. Modelli di Maxwell e Voigt. Solido lineare standard. Analogia elettrica. Modello di Boltzmann. Applicazioni: tendini e legamenti. Il muscolo scheletrico: struttura, proprietà meccaniche, modelli su base fenomenologia (Hill) e strutturale (Huxley). Relazione attivazione-forza-lunghezza-velocità di accorciamento. Integrazione con la dinamica del movimento.

2. Le articolazioni. Tecniche sperimentali per l'acquisizione della morfologia ossea e delle linee di azione muscolo-tendinee e legamentose. Il codice AMIRA. Modellistica articolare. Esempi: articolazioni d'anca e ginocchio.

3. Analisi del movimento. Dinamica diretta ed inversa nell'analisi del movimento umano. Impiego di ADAMS per il calcolo delle forze e dei momenti articolari netti. Tecniche per la stima delle forze nelle singole strutture. Tecniche elettromiografiche per la determinazione dei pattern di attivazione muscolare. Applicazioni all'esercizio fisico. Approccio energetico.

4. Meccanica dei mezzi continui per lo studio di materiali e sistemi biologici. Tensione, spostamento e deformazione. Equazioni costitutive: solido elastico lineare. Bilancio di materia ed energia nei mezzi continui. Equazione di Navier.

5. Soluzione analitica del problema elastico.. Soluzione analitica in alcuni casi idealizzati a partire da condizioni al contorno sulle forze, sugli spostamenti o misti: accoppiamento cilindrico protesi-osso, trasduttore di pressione estensimetrico, pedana baropodometrica, accelerometro. Comportamento statico e dinamico.

6. Soluzione numerica del problema elastico col metodo degli elementii finiti. Soluzione numerica, tramite FEMLAB, dei casi illustrati al punto precedente e confronto con la soluzione analitica. Caso applicativo: stima della sollecitazione indotta al collo di femore a seguito di caduta da posizione eretta. Valutazione di un indice predittivo della frattura.

Esercitazioni

L'insegnamento è integrato da esercitazioni di laboratorio volte a favorire la capacità di definire e risolvere concreti problemi di biomeccanica. Esercitazioni al calcolatore consentiranno di progettare e simulare esperimenti in modo realistico. Questi verranno successivamente realizzati nel laboratorio di Ingegneria Biomedica per dare risposte a quesiti clinici in ambito ortopedico e riabilitativo. Lo svolgimento di tesine consentirà a gruppi di studenti di approfondire alcuni aspetti del corso.

Modalità di svolgimento dell'esame

Prova scritta intermedia (open book), esame orale finale.

Testi consigliati

Y.C. FUNG, *A first course in continuum mechanics*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1994.

Y.C. FUNG, *Biomechanics: mechanical properties of living tissues*, Springer-Verlag, New York, 1993.

BIOMECCANICA COMPUTAZIONALE BS **CE, cds: lsb**
Docente: **Marco Viceconti**, prof. a contr.

Finalità del corso:

Il corso di Biomeccanica Computazionale è caratterizzante la Scelta Guidata n. 1 - Progettazione biomeccanica e di organi artificiali del corso di laurea specialistica in Ingegneria Biomedica. Il corso si colloca temporalmente alla fine del percorso formativo e si svolge, insieme al corso di Biomeccanica della Funzione Motoria, presso gli Istituti Ortopedici Rizzoli di Bologna. Questi due corsi fanno parte integrale di un percorso di formazione che prevede anche la possibilità di svolgere stage e tesi di laurea presso i laboratori di ricerca degli Istituti Ortopedici Rizzoli.

Il programma del corso verte sulla meccanica del continuo, sia teorica che numerica, ed alla sua applicazione alla modellazione di tessuti, organi e processi biologici, nonché all'interazione tra questi ed i dispotivi medici impiantabili, con particolare riferimento a quelli protesici.

Gli obiettivi didattici principali sono
- Comprensione teorico-pratica della meccanica dei continui e del metodo agli elementi finiti
- Familiarizzazione con programmi commerciali diffusamente impiegati
- Capacità di formulare e risolvere problemi di biomeccanica strutturale e funzionale

Saranno inoltre esplorati durante il corso alcuni problemi di ricerca biomedica quali ad esempio lo sviluppo di modelli deformabili dell'apparato muscolare e scheletrico, l'interazione biomeccanica tessuto-impianto nelle protesi articolari, legamentose, dentali, e di arto o la pianificazione e monitoraggio riabilitativo di ricostruzioni scheletriche in oncologia pediatrica.

Programma del corso:

Meccanica del continuo
trattazione generale della meccanica del continuo
Modelli ingegneristici del continuo
Materiale lineare elastico
Materiale visco-elastico
Materiale plastico
Modelli reologici
Criteri di collasso dei materiali

Analisi numerica mediante metodo degli elementi finiti
La formulazione variazionale
Formulazione di elementi di comune utilizzo
Modelli numerici del comportamento dei solidi
Modelli elastici-lineari
Non linearità geometriche
Non linearità dei materiali
Non linearità di contatto
Esercitazioni con pre-processor commerciale HYPERWORKS
Esercitazioni con codice commerciale ANSYS

Modelli computazionali dei tessuti, degli organi e dei processi biologici
Cenni di anatomia, fisiologia e biologia dei tessuti connettivi
Tessuti ossei
Pelle e tessuti molli
Cartilagine
Muscoli

Modelli ad elementi finiti di tessuti, organi e parti del corpo
Modelli numerici dei processi biologici adattivi
Tecniche per la creazione di modelli computazionali da dati diagnostici
Generazione del modello geometrico
Generazione del modello ad elementi finiti
Identificazione delle proprietà meccaniche dei tessuti
Modelli muscolari e legamentosi

Accuratezza e limiti di validità dei modelli computazionali
Fonti di incertezza
Criteri di convergenza
Problemi di accuratezza nei modelli non lineari
Analisi della sensitività mediante metodi statistici

Bibliografia

Testi raccomandati:
Dispense del docente

Testi di approfondimento:
FUNG, Y. C. and TONG, P. *Classical and Computational Solid Mechanics World Scientific Publ*, Singapore, 2001, 952 pp. ISBN 981-02-4124-0 (paperback)

Modalità svolgimento esame:
orale

BIOMECCANICA DELLA FUNZIONE MOTORIA BS **CE, cds: lsb**
Docente: **Alberto Leardini**, prof. inc.

Finalità del corso:
L'obiettivo specifico di questo corso è formare tecnici altamente qualificati in grado di svolgere le attività connesse alla ricerca e alla progettazione, e di promuovere e sviluppare l'innovazione scientifica e tecnologica. Si richiede, pertanto, una formazione di base ad ampio spettro, unitamente ad una preparazione professionale approfondita nello specifico campo applicativo.
Obiettivi: Il corso si propone di fornire gli strumenti di base per la comprensione dei fenomeni biomeccanici all'origine della esecuzione dei compiti motori umani. Saranno trattati i comportamenti in condizioni fisiologiche, patologiche e dopo ricostruzioni o sostituzioni chirurgiche.

Programma del corso:
Si compone di quattro moduli di circa 10 ore:
a- Analisi della funzione motoria in analisi del movimento umano. Dai marcatori di posizione alla cinematica e dinamica articolare: aspetti metodologici e strumentali critici. Descrizione macro-funzionale di alcuni fondamentali compiti motori: locomozione. Equilibri con COP-COM. Modelli ad ingresso minimo per la valutazione della abilità motoria. Dinamometri ed esercizi isocinetici. Considerazioni energetiche. Effetti di condizioni patologiche: danno, disabilità, handicap. Effetti della riabilitazione. Esempi di studi clinici campione: caso ortopedico, caso fisiatrico.

Università di Bologna
BIBLIOTECA INGEGNERIA
BOLOGNA

b- Funzione delle articolazioni umane. Superfici cartilaginee, legamenti, muscoli-tendini. Basilare descrizione anatomica di ginocchio, tibiotarsica, e piede. Mobilità e stabilità. Classificazioni anatomiche e funzionali delle articolazioni. Gradi di libertà, assi di rotazione, rotolamento e scivolamento. Modelli cinematici e dinamici, per il ginocchio e tibiotarsica. Modelli dell'arto inferiore e della locomozione.

c- Disegno protesico. Criteri e vincoli. Forma e funzione. Breve storia delle protesi di ginocchio e tibiotarsica. Risultati clinici attesi. Analisi dei fallimenti. Il disegno. La procedura di impianto: pianificazione, esecuzione, controllo. Elementi di chirurgia assistita. Effetto del mal-posizionamento. Funzione dell'articolazione protesizzata. Test di validazione funzionale pre-clinici.

d- Strumenti e metodi di valutazione della funzione degli impianti. Disegno di una sperimentazione clinica (controllato - randomizzato, singolo-doppio cieco, ...). Fondamentali di valutazione clinica standard (schede a punteggio, misure radiografiche, ...). Elementi di analisi del movimento, analisi fluoroscopica 3-D, e radiostereometria. Concetti di Evidence-Based Medicine.

Esercitazioni:
- Acquisizioni ed analisi con strumenti di analisi del movimento: stereofotogrammetria, dinamometria, elettromiografia.
- Analisi tridimensionale della cinematica del ginocchio protesizzato tramite fluoroscopia tradizionale.
- Modelli matematici (Matlab, VisualNastran?).

Materiale didattico:
Per il corso non è possibile un unico libro di testo. Verranno indicati alcuni libri, ma soprattutto articoli dalla letteratura del settore, i più in lingua inglese. Saranno comunque rese disponibili copie dei lucidi delle lezioni.

Modalità di svolgimento dell'esame:
Orale

BIOMECCANICA L **CE, cds: ltb**
Docente: **Lorenzo Chiari** ric.

Finalità dell'esame:
Scopo dell'insegnamento è quello di fornire gli strumenti conoscitivi e metodologici di base per l'analisi e la sintesi del movimento umano. A tal fine si presenteranno in una visione integrata gli aspetti biomeccanici e neurofisiologici del controllo motorio e si forniranno le basi per un approccio bioingegneristico alla misura ed alla simulazione di atti motori di diversa complessità. Particolare attenzione sarà dedicata alle ricadute applicative delle tecniche proposte, in ambiti quali la clinica ortopedica e neurologica, la riabilitazione, la medicina sportiva e la realtà virtuale.

Programma
1. Il sistema di controllo posturale e motorio e le sue componenti. Anatomia e funzione del sistema muscolo-scheletrico. Componenti principali: ossa e cartilagine, muscolo, tendini, legamenti, articolazioni. Anatomia e funzione del sistema neuro-sensoriale. Componenti principali: recettori sensoriali, neuroni, centri motori spinali e sopraspinali. Degenerazioni acute e croniche del sistema di controllo posturale e motorio.

2. Analisi del movimento umano: definizione ed ambiti applicativi. Obiettivi ed evoluzione storica. Modellistica del sistema muscolo-scheletrico. Schema funzionale a blocchi. Il sistema di leve. Il diagramma del corpo libero. Cinematica del corpo rigido. Dal punto materiale al corpo rigido. Ricostruzione della cinematica dei segmenti corporei a partire da marcatori cutanei. Protocolli di acquisizione della cinematica dei segmenti corporei, CAST. Cinematica articolare. Artefatti e loro propagazione. Dinamica del corpo rigido. Leggi della statica e della dinamica applicate ai corpi rigidi. Proprietà inerziali dei segmenti corporei e dell'intero corpo. Forze attive e reazioni vincolari: teoria della trave. Stima delle forze articolari e muscolari in condizioni statiche. Dinamica dei segmenti corporei. Problema dinamico inverso. L'analisi del cammino.

3. Sintesi del movimento umano: definizione ed ambiti applicativi. Problema dinamico diretto. Equazioni del moto: metodi diretti ed indiretti. Tecniche di simulazione numerica. Validazione sperimentale.

Esercitazioni

L'insegnamento è fortemente integrato con attività di laboratorio, volte a favorire la capacità dello studente di definire e risolvere autonomamente concreti problemi di analisi e sintesi del movimento. In quest'ambito, con diretto riferimento ai sistemi di misura presenti nel laboratorio, saranno presentate le principali tecniche strumentali per la cinematica, la dinamica e la misura dell'attività muscolare. Esercitazioni al calcolatore consentiranno di analizzare e simulare diversi atti motori. L'attività di laboratorio, condotta in piccoli gruppi, sarà documentata da una tesina finale che gli studenti presenteranno in sede d'esame.

Modalità di svolgimento esame:

prova scritta intermedia, esame orale finale.

Testi consigliati

ROGER M. ENOKA, *Neuromechanics of Human Movement*, Human Kinetics, 3rd ed., 2002.
VLADIMIR M. ZATSIORSKY, *Kinematics of Human Motion*, Human Kinetics, 1998.
VLADIMIR M. ZATSIORSKY, *Kinetics of Human Motion*, Human Kinetics, 2002.

CALCOLATORI ELETTRONICI L A **CE, cds: ltt, lte, lti, ltb**

Docente: **Enrico Viarani**, prof. a contratto

Programma del corso

Il corso inizierà con una introduzione ai processori ed ai calcolatori elettronici (modello di Von Neumann, concetto di sistema a microprocessore, bus dati, indirizzi e segnali di comando, agenti master e slave) che tratterà anche i principi di progettazione di un microprocessore e presenterà alcuni metodi per valutarne l'efficienza e la velocità.

Seguirà una parte di richiamo ai concetti fondamentali di aritmetica binaria e semplici dispositivi elettronici in larga parte già trattati nel corso di Reti Logiche.

Il nucleo fondamentale del corso inizia con la descrizione delle architetture interne e delle specifiche (ISA) dei microprocessori più rappresentativi dal punto di vista didattico e commerciale (DLX, Intel iA16 e iA32); di queste sarà introdotta la struttura con le unità fondamentali ed i rudimenti dei rispettivi linguaggi assembler.

Tra le ISA trattate quella del DLX sarà poi approfonditamente esaminata, dapprima nella sua struttura di base e poi introducendo il "pipelining" per aumentarne le prestazioni, come se si trat-

tasse di un vero progetto di un microprocessore.

La seconda parte del corso prevede lo studio della progettazione dei calcolatori elettronici e l'interfacciamento dei vari dispositivi (memorie e periferiche) al microprocessore.

Si inizierà dalle tecniche generali di allocazione di dispositivi negli spazi di indirizzamento del microprocessore (mapping) per poi passare alla progettazione specifica di sistemi basati sul microprocessore 8088, del quale verrà data un'ampia descrizione dei bus e degli spazi di indirizzamento.

Saranno trattate nei particolari alcune periferiche (memorie ram-eprom, periferiche di comunicazione e di gestione interrupt) e per ciascuna sarà affrontato il calcolo dei periodi di wait in relazione al clock del microprocessore, ai cicli di bus e ai data sheet della periferica.

Modalità di svolgimento esame

L'esame finale prevede tre esercizi: uno sull'ISA del DLX, uno sul progetto di un semplice interfacciamento con CPU 8088 ed una domanda di teoria.

CALCOLO NUMERICO L A **CE, cds: lte, lti**

Docente: **Serena Morigi**, ric.

Finalità del corso:

Il corso si propone di fornire le nozioni e gli strumenti di calcolo necessari per la soluzione di problemi classici dell'ingegneria e della matematica applicata.

Argomenti del corso:

- Sorgenti di Errore nei modelli computazionali.
- Risoluzione di Sistemi di Equazioni Lineari: metodi diretti ed iterativi
- Interpolazione e Approssimazione di funzioni e dati: Interpolazione polinomiale e trigonometrica

Laboratori:

Il corso prevede un'attività di laboratorio che ne costituisce parte integrante in cui si utilizzerà il software MATLAB.

Testi di riferimento:

G.Monegato, *Fondamenti di Calcolo Numerico*, Ed.CLUT, 1998.
R.Bevilacqua, D.Bini, M.Capovani, O.Menchi, *Introduzione alla matematica computazionale*. Zanichelli, Bologna, 1987.
G.Naldi, L.Pareschi, *Matlab concetti e progetti*, Ed.Apogeo, 2002.

CAMPI ELETTROMAGNETICI LA **CE, cds: ltt, lte**

Docente: **Giovanni Tartarini** prof. ass.

Teoria

1. Proprietà fondamentali dei Campi Elettromagnetici

In questa prima parte del corso si effettua uno studio dei campi elettromagnetici attraverso i di-

versi modelli matematici che ne descrivono le proprietà.
Ottica geometrica
Equazioni fondamentali. Principio di Fermat.
Legge della riflessione e legge di Snell.
Cenni ad alcune caratteristiche delle fibre multimodali.
Applicazioni nel campo delle radiofrequenze e delle frequenze ottiche:
Propagazione Ionoscferica, Dispersione Intenodale.
Ottica Ondulatoria
Soluzione dell'equazione delle onde.
Onde piane e loro classificazione.
Riflessione e trasmissione di onde piane. Angolo di Brewster.
Caratteristiche dielettriche dei materiali. Equazione di Sellmeier.
Diffrazione e dispersione in mezzi omogenei.
Propagazione di un pacchetto d'onda.
Integrali di Fresnel e di Fraunhofer.
Cenni al funzionamento dei reticoli.
Applicazioni.
Ottica Elettromagnetica
Il concetto di modo.
Modi di strutture cilindriche. Risoluzione della lastra piana dielettrica.
Fibre ottiche - Principi di funzionamento.
Equazioni risolventi.
Soluzione approssimata - Modi LP.
Caratteristiche della propagazione.

2. Componenti e dispositivi di telecomunicazioni a frequenze ottiche
Il canale di trasmissione: la fibra ottica
Caratterizzazione delle fibre ottiche.
Attenuazione - Metodi di misura dell'attenuazione.
Apertura numerica.
Dispersione e banda passante.
Effetti non lineari.
Fibre monomodali e multimodali - Proprietà.
Fibre a salto d'indice e a profilo d'indice graduale.
Tecnologie di fabbricazione delle fibre ottiche - Generalità.
Cavi per i sistemi in fibra ottica - Generalità.
Le sorgenti per i sistemi in fibra ottica
Caratteristiche fondamentali.
Principi di funzionamento.
LED e LASER.
Tecniche di modulazione.
Codici NRZ, RZ, Manchester. Proprietà.
Tecniche di multiplazione (FDM, TDM, WDM).
I ricevitori per i sistemi in fibra ottica
Rivelatori. Generalità e principi di funzionamento.
PIN e APD - Caratteristiche fondamentali e proprietà.
Il problema del rumore nei rivelatori.
Ricevitori a rivelazione diretta.
Circuiti di ricezione. Caratteristiche fondamentali.

Caratterizzazione del rumore in un ricevitore per sistemi in fibra.
Calcolo della probabilità di errore.
Ricevitori per sistemi coerenti.
Componenti e dispositivi
Connettori. Perdite intrinseche e perdite estrinseche.
Accoppiatori. Grandezze caratteristiche.
Modulatori.
Dispositivi per WDM.
Stadi '3R'.
Amplificatori ottici. Caratteristiche di funzionamento.

3. Progetto di un sistema di telecomunicazioni in fibra ottica
Sistemi limitati in banda, in tempo di salita ed in attenuazione.
Utilizzo di ripetitori elettronici e di amplificatori ottici
Budget di potenza di un collegamento.
Laboratorio
Ottica Geometrica:Simulazione di fibre multimodali (Software 'Optică)
Ottica Ondulatoria:Diffrazione di campi in mezzo omogeneo (Software 'Propaga') Riflessione e trasmissione di onde piane (Software 'Rho')
Ottica Elettromagnetica:
- Modi di una lastra piana (Software 'Slab')
- Modi di una fibra ottica (Software 'Optica')
Seconda parte del corso:
Modellizzazione di componenti e sistemi di varia complessità tramite il software professionale 'OptSim'
Dimostrazione e misura di alcune proprietà delle fibre tramite il kit didattico 'Educo-Optic'

Testi e materiale didattico di supporto

Dispense a cura del docente.
P. Bassi, G. Bellanca, G. Tartarini, *Propagazione Ottica Libera e Guidata*, CLUEB, Bologna, 1999.
P. Bassi, G. Bellanca, G. Tartarini, *Componenti e Circuiti Ottici*, CLUEB, Bologna, 1999.
R. J. Hoss, E. A. Lacy, *Fiber Optics*, Prentice Hall.
P. E. Green, *Fiber Optics Networks*, Prentice Hall.

COMPORTAMENTO MECCANICO DEI MATERIALI L **FO, cds: lta,ltm**
Docente: **Vincenzo Dal Re** prof. straord.

Programma del corso:
1 - RICHIAMI DI STATICA GRAFICA. Operazioni sulle forze: somma di due o più forze. Poligono delle forze. Composizione di forze e coppie. Curva funicolare.
2 - STATICA DELLE TRAVI. I vincoli. Sistemi di vincoli. Esempi di strutture labili, isostatiche e iperstatiche. Le reazioni vincolari. Calcolo delle reazioni vincolari nelle strutture isostatiche. Esempi: travi ed archi.
3 - LE CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE. Sforzo normale, sforzo di taglio, momenti flettenti, momento torcente. La curva delle pressioni. Le equazioni indefinite di

equilibrio per le travi piane. Calcolo delle caratteristiche di sollecitazione attraverso le equazioni indefinite di equilibrio. Esempi. Diagrammi di sollecitazione. Esempi. Il metodo di sovrapposizione degli effetti.

4 - LE TENSIONI. Tensioni normali e tensioni tangenziali. Il principio di St. Venant. Deformazioni e scorrimenti. Il comportamento elastico dei materiali. Il diagramma tensione - deformazione. La legge di Hooke in campo di tensione monoassiale, biassiale e triassiale. Le proprietà delle tensioni tangenziali: teorema di reciprocità. Le tensioni principali. Il circolo di Mohr. I criteri di resistenza: di Rankine, di Grashof, di Tresca, di Von Mises.

5 - I QUATTRO CASI DI SOLLECITAZIONE SEMPLICE NELLE TRAVI

- SFORZO NORMALE: tensione a compressione. Tensioni nelle sezioni oblique. Variazione di lunghezza della trave. Esempi. Il lavoro di deformazione. La ripartizione reale delle tensioni: concentrazioni di tensione. Tensioni normali in due o tre direzioni.

- FLESSIONE. Flessione retta. Andamento delle tensioni e delle deformazioni. Posizione dell'asse neutro. Esempi. Condizione di resistenza. Esempi. Le forme più convenienti della sezione. Il lavoro di deformazione. La ripartizione reale delle tensioni: concentrazioni di tensione. Flessione deviata.

- TORSIONE. Tensioni nelle travi di sezione circolare soggette a torsione. La condizione di resistenza. La deformazione di torsione. Alberi di trasmissione. Il lavoro di deformazione. Travi tubolari in parete sottile. Tensioni normali che accompagnano le tensioni tangenziali. La relazione tra i moduli elastici E e G. Esempi.

- TAGLIO. Teoria elementare del taglio. Sezione rettangolare. Sezione circolare. La tensione tangenziale longitudinale. Le deformazioni. Esempi.

6 - L'EQUAZIONE DIFFERENZIALE DELLA LINEA ELASTICA. L'integrazione dell'equazione differenziale della linea elastica. Esempi. Il teorema di Mohr. I corollari del teorema di Mohr. La trave ausiliaria. Esempi. Composizione cinematica delle deformazioni. Esempi.

7 - LE TRAVI IPERSTATICHE. Procedimento di risoluzione. Scelta della trave principale. Esempi di risoluzione di strutture iperstatiche.

8 - STABILITÀ DELLE TRAVI SNELLE SOGGETTE A COMPRESSIONE. Stabilità di un'asta appoggiata soggetta a sforzo normale di compressione: formula di Eulero. Altre condizioni di vincolo: trave a mensola, incastro e appoggio, doppio incastro. Esempi. Considerazioni sul carico di punta.

9 - IL PRINCIPIO DEI LAVORI VIRTUALI. Spostamenti reali e spostamenti virtuali. Lavoro virtuale interno. Lavoro virtuale esterno. Il principio dei lavori virtuali. Calcolo della freccia e della rotazione in un punto. Calcolo di reazioni iperstatiche. Esempi.

Testi Consigliati

ODONE BELLUZZI, *Scienza delle Costruzioni*, Volume Primo, Zanichelli Editore, Bologna.
MICHELE CAPURSO, *Lezioni di Scienza delle Costruzioni*, Pitagora editrice, Bologna.
T. CAVALLINA - E. D'ANNA, *Esercizi di Scienza delle Costruzioni*, Volume Primo, R. Patron editore, Bologna.
V. DAL RE, *Dispense del Corso di "Comportamento Meccanico dei Materiali"*.
V. DAL RE, *Dispense degli Esercizi d'Esame del Corso di "Comportamento Meccanico dei Materiali"*.

COMPORTAMENTO MECCANICO DEI MATERIALI LA **CE; cds: ltb, lsb**
Docente: **Luca Cristofolini** prof. ass.

Finalità del corso

La meccanica dei materiali è una disciplina che studia il comportamento dei solidi sotto carico (stato di deformazione, modi di collasso), per dare risposte a domande quali "Si rompe?", "Subisce una deformazione permanente?", "Si usura?", "Si deforma troppo?", etc.

Il corso si propone di introdurre gli studenti alle leggi meccaniche che regolano la risposta dei solidi alle sollecitazioni meccaniche. Vengono fornite le soluzioni per i casi più comuni.

Il corso mira a fornire le conoscenze di base per lo studio ingegneristico degli stati di tensione e deformazione nei solidi, e della risposta dei materiali a tali sollecitazioni.

Capacità in ingresso

Per affrontare correttamente il corso, si ritiene indispensabile che lo studente abbia acquisito le seguenti cognizioni:

- Fondamenti di analisi matematica (derivate, integrali, semplici equazioni differenziali, etc.) - Analisi Matematica (1° anno)
- Fondamenti di calcolo matriciale - Geometria e algebra (1° anno)
- Unità di misura
- Concetti di forza, momento, lavoro, energia, etc.
- Fondamenti di dinamica
- Fondamenti di termodinamica - Fisica generale (1° anno)
- Concetto di atomo, molecola, etc
- Tipi di legame atomico - Fondamenti di Chimica (1° anno)
- Concetti di gradi di libertà e di vincoli·Equazioni di equilibrio e statica del corpo rigido- Biomeccanica L (2° anno)

Capacità in uscita

Al termine del corso, lo studente dovrebbe aver sviluppato la capacità di:

- Risolvere staticamente sistemi meccanici
- Valutare lo stato tensionale e deformativo in strutture sollecitate
- Eseguire verifiche di dimensionamento di strutture meccaniche
- Comprendere i modi di collasso dei materiali

Programma del Corso

Richiami sui principali concetti meccanici:

- Forze, momenti.
- Condizioni di vincolo, gradi di libertà.
- Condizioni di equilibrio, equazioni di equilibrio.

Meccanica dei mezzi continui:

- Azioni interne.
- Definizione di tensione (normali e di taglio). Stati uniassiali di sollecitazione. Tensore delle tensioni.
- Equazione di equilibrio
- Spostamento e deformazione. Piccole e grandi deformazioni. Tensore delle deformazioni.
- Legame tensione-deformazioni per materiali elastici lineari.
- Energia di deformazione (caso uniassiale e mulitassiale)

Fondamenti di scienza delle costruzioni:

- Trave di Saint-Venant: campi di tensione e deformazione sforzo normale, taglio, torsione e flessione.

- Altri casi semplici con soluzione in forma chiusa
- Concentratori di tensione. Sollecitazioni composte.

Fondamenti di meccanica dei materiali:
- Curve tensione-deformazione.
- Leggi costitutive del materiale: elasticità (legge di Hooke, coefficiente di Poisson), plasticità, viscoelasticità (creep, rilassamento: solo fenomenologia).

Criteri di collasso:
- Collasso istantaneo e nel tempo
- Rottura (duttile e fragile; energia di rottura)
- Eccesso di deformazione, snervamento,
- Fatica
- Usura
- Creep, rilassamento ed isteresi

Caratteristiche dei materiali:
- Composizione, micro- e macro-struttura.
- Classificazione e caratteristiche meccaniche dei materiali artificiali: polimeri, metalli, ceramici, compositi.

Esercitazioni

Il corso è integrato da esercitazioni teoriche e sperimentali. Parte integrante di tali esercitazioni è la stesura da parte degli studenti di relazioni tecniche sulle sperimentazioni svolte.

Modalità svolgimento esame

L'esame consta di una prove scritta ed una orale. Durante lo scritto, gli studenti possono usare libri, dispense e appunti, oltre alla calcolatrice. Per sostenere l'orale è necessario avere superato con buon esito lo scritto.

Testi e materiale didattico di supporto

Il corso si basa su dispense a cura del docente e sul seguente libro di testo:

BEER F.P., RUSSEL J.E., *Scienza delle costruzioni. Introduzione alla meccanica dei materiali*, McGraw-Hill Publ. (scienza delle costruzioni: teoria ed esempi)

Lo studente può inoltre approfondire gli studi nei seguenti testi specialistici (facoltativo):

PIETRABISSA R., *Biomateriali per protesi e organi artificiali*, Patron ed. (biomateriali)

NORDIN M., FRANKEL V.H., *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*, Lea & Febiger Publ.(esercizi ed esempi di biomeccanica)

BRONZINO J.D., *The Biomedical engineering handbook*, CRC Press - IEEE Press (riferimento generale)

PALASTANGA ET AL., *Anatomy and human movement*, Butterworth-Heinemann Publ. (anatomia funzionale)

COMUNICAZIONI ELETTRICHE LA

CE, cds: Itt, Ite, Iti, Itb

Docente: **Marco Chiani** prof. straord.

Programma del corso:

Segnali e loro elaborazione. Sistemi e reti di telecomunicazione. Organismi normativi internazionali. Aspetti economici e prospettive di sviluppo.

Analisi dei segnali determinati tempo-continui e tempo-discreti nel dominio delle frequenze (analisi di Fourier) e nel dominio dei tempi (mediante funzioni impulsive). Loro applicazioni allo studio dei sistemi lineari.

Segnali ad energia finita, a potenza finita. Spettro di energia, spettro di potenza.

Segnali analogici e segnali numerici in banda base. Diverse tecniche numeriche di codifica e di compressione dei segnali e relativi standard. Multimedialità. Information and Communication Technology (ICT).

Bibliografia obbligatoria

LEONARDO CALANDRINO, MARCO CHIANI, *Quaderni di comunicazioni elettriche*, Pitagora editrice, Bologna

COMUNICAZIONI ELETTRICHE LB **CE, cds: ltt,lti**

Docente: **Alessandro Vanelli Coralli,** ric.

Argomenti trattati durante il corso:

Processi aleatori. Stazionarietà, ergodicità. Processi gaussiani. Ciclostazionarietà e cicloergodicità. Processi PAM aleatori.

Segnali e sistemi passa-banda (Teoria della modulazione). Diverse leggi di modulazione di una portante sinusoidale. Sistemi di modulazione multiportante.

Il rumore di fondo negli apparati. Il canale AWGN. Effetti del rumore sulla qualità del segnale ricevuto. Cenni sui sistemi di trasmissione in banda base e passa-banda (radiocollegamenti e fibre ottiche). Elementi di Teoria dell'Informazione: entropia di sorgente, capacità di canale, codifica di sorgente e di canale.

Bibliografia obbligatoria

LEONARDO CALANDRINO, MARCO CHIANI, *Quaderni di comunicazioni elettriche*, Pitagora editrice, Bologna.

CONTROLLI AUTOMATICI L **FO, cds: lta,ltm**

Docente: **Gianni Bertoni,** prof. ord.

Programma del corso:

1 - Generalità:
- Cenni storici. Che cos'è l'automazione
- Esempi di controlli automatici. Manipolazione materiale e manipolazione simbolica
- Richiami di informatica: dispositivi di calcolo e loro uso nell'automazione.

2 - Modelli matematici:
- Tecniche di identificazione. Modelli matematici dei sistemi lineari e stazionari
- Equazioni (e sistemi di equazioni) differenziali; funzione di trasferimento funzione di risposta impulsiva.

3 - Analisi nel dominio dei tempi:
- Stabilità, controllabilità e osservabilità

– Errori a regime
– Insensibilità ai disturbi ed alle variazioni dei parametri.
4 – Sintesi nel dominio dei tempi:
– Sistemi del primo e del secondo ordine
– Osservatori dello stato
– Assegnamento dei poli per sistemi ad un ingresso e ad una uscita (luogo delle radici).
– Regolatori standard.
5 – La funzione di risposta armonica:
– Definizione e sue rappresentazioni: diagrammi polari, diagrammi di Bode.
– La formula di Bode.
6 – Analisi armonica:
– Criteri di stabilità. Margini di ampiezza e di fase.
– Luoghi a M e a N costante, picco di risonanza e larghezza di banda.
7 – Sintesi nel dominio delle frequenze:
– Reti correttrici di tipo anticipo, ritardo, anticipo-ritardo.
8 – Componenti dei sistemi di controllo:
– Motori elettrici in c.c. e in c.a
– Amplificatori di potenza e convertitori statici
– trasduttori

Esercitazioni:
sono inserite nello svolgimento della parte teorica cui si riferiscono.

Testi consigliati

1) G. Bertoni, M.E. Penati, S. Simonini, *I componenti dell'automazione*. Esculapio, Bologna, 2001.
2) M.E. Penati, G. Bertoni, *Automazione e sistemi di controllo – Vol.I, II*. Esculapio, Bologna, 2000.
3) M.E: *Controlli automatici. Esercizi e test commentati svolti.* Esculapio, Bologna, 2000.

Modalità di svolgimento dell'esame:
prova orale.

Propedeuticità consigliate:
Elettrotecnica, Elettronica.

CONTROLLI AUTOMATICI L A **CE, cds: ltt, lte, lti, ltb**
Docente: **Matteo Zanzi**, ric.

Finalità del corso:
Il modulo di Controlli Automatici LA si propone di fornire agli studenti gli elementi fondamentali ed i metodi per l'analisi dei sistemi di controllo automatico. In particolare si prenderanno in esame le modalità con cui si imposta lo studio di un sistema dinamico lineare ad un ingresso e ad una uscita, utilizzando anche alcuni esempi di sistemi di controllo tipici del settore dell'ingegneria dell'informazione. Lo scopo principale è quello di fornire e chiarire allo studente le conoscenze metodologiche ed i principi di funzionamento dei sistemi dinamici, conoscenze che sono

preliminari alla sintesi e della progettazione di un sistema di controllo, argomenti questi che saranno oggetto del successivo corso di Controlli Automatici LB.

Programma del corso:

Generalità.

I sistemi dinamici. Manipolazioni materiali e simboliche. Esempi di sistemi di controllo: controllo manuale ed automatico. Modalità di controllo: catena aperta e retroazione. Proprietà generali della retroazione. Struttura fondamentale di un sistema di controllo: l'impianto, attuatori, amplificatori, regolatore, sensori.

Sistemi e modelli

Generalità sui modelli matematici. Modelli statici e dinamici. Concetto di stato. Modelli differenziali. Esempi. Modelli nello spazio degli stati e modelli ingresso-uscita. Sistemi SISO. Sistemi dinamici lineari. L'utilizzo delle equazioni differenziali lineari. Trasformata di Laplace, sviluppo in serie e trasformata di Fourier. Funzione di trasferimento. Poli e zeri.

Analisi nel dominio del tempo.

Stabilità, controllabilità, osservabilità. Sistemi del primo e secondo ordine. Risposte indiciali. Ruolo degli zeri.

Analisi nel dominio delle frequenze.

La funzione di risposta armonica. I diagrammi di Bode e diagrammi polari. Picco di risonanza, larghezza di banda.

Analisi dei sistemi in retroazione

Criteri di stabilità: margine di ampiezza e margine di fase. Criteri di stabilità per sistemi in retroazione. Luogo delle radici. Funzioni di sensitività. Proprietà della retroazione: insensibilità ai disturbi ed alle variazioni dei parametri. Errori a regime.

Bibliografia

MARRO: "Controlli Automatici", Zanichelli Editore, Bologna
PENATI, BERTONI: "Automazione e Sistemi di Controllo", voll. 1 e 2, Esculapio, Bologna
CHIAVERINI, CACCAVALE, VILLANI, SCIAVICCO: "Fondamenti di Sistemi Dinamici", McGraw-Hill, 2003
BOLTZERN, SCATTOLINI, SCHIAVONI: "Fondamenti di Controlli Automatici", McGraw-Hill, 1998

CONTROLLI AUTOMATICI LS **FO, cds: lsm**

Docente: **Gianni Bertoni**, prof. ord.

Programma del corso

1 - Generalità:
- Cenni storici. Che cos'è l'automazione
- Esempi di controlli automatici. Manipolazione materiale e manipolazione simbolica

2 - Modelli matematici:
- Tecniche di identificazione. Modelli matematici dei sistemi lineari e stazionari

– Equazioni (e sistemi di equazioni) differenziali; funzione di trasferimento funzione di risposta impulsiva.
3 – Analisi nel dominio dei tempi:
– Stabilità, controllabilità e osservabilità
– Errori a regime
– Insensibilità ai disturbi ed alle variazioni dei parametri.
– Parametri della risposta ad un ingresso a gradino
4 – Sintesi nel dominio dei tempi:
– Luogo delle radici
– Regolatori standard.
5 – La funzione di risposta armonica:
– Definizione e sue rappresentazioni: diagrammi polari, diagrammi di Bode.
6 – Analisi armonica:
– Criteri di stabilità. Margini di ampiezza e di fase.
– Luoghi a M e a N costante, picco di risonanza e larghezza di banda.
7 – Componenti dei sistemi di controllo:
– Motori elettrici in c.c. a collettore
– Sensori e trasduttori

Esercitazioni:
sono inserite nello svolgimento della parte teorica cui si riferiscono.

Testi consigliati

G. BERTONI, M.E. PENATI, S. SIMONINI, *I componenti dell'automazione*, Esculapio, Bologna, 2001.
M.E. PENATI, G. BERTONI, *Automazione e sistemi di controllo*, Vol. I, II. Esculapio, Bologna, 2000.
M.E: *Controlli automatici. Esercizi e test commentati e risolti.* Esculapio, Bologna, 2000.

Modalità di svolgimento dell'esame:
prova orale.

Propedeuticità consigliate:
Elettrotecnica, Elettronica.

CONTROLLO AUTOMATICO DEL VOLO LS

FO, cds: lsa

Docente: **Paolo Castaldi** ric.

Programma del corso:

L'insegnamento tratta gli aspetti fondamentali del controllo ottimo e del progetto degli autopiloti. La prima parte dell'insegnamento affronta il problema del progetto di dispositivi di controllo per sistemi dinamici a più ingressi e più uscite (MIMO) sia in ambiente deterministico (cioè nel caso in cui il sistema da controllare e le misure disponibili siano sostanzialmente esenti da disturbi) sia in ambiente stocastico (cioè quando ingressi e misure presentino componenti non trascurabili di tipo aleatorio).

Nella seconda parte dell'insegnamento vengono fornite le metodologie per il progetto degli

autopiloti per la dinamica latero-direzionale e longitudinale e per la stima dell'assetto e delle caratteristiche cinematiche di un velivolo.

Parte I 1. *Il controllo ottimo in catena aperta*:
Richiami di programmazione matematica e di calcolo delle variazioni. La teoria di Eulero-Lagrange. Il principio del minimo di Pontryagin. Il controllo bang-bang.

2. *Il controllo ottimo in retroazione*:
2.1. Regolazione ed inseguimento a orizzonte finito con retroazione dello stato. Regolazione stazionaria. Margine di stabilità. Regolazione con specifiche formulate nel dominio delle frequenze.
2.2. Condizionamento numerico di una trasformazione. Indici di controllabilità e ricostruibilità. Forme canoniche minime e non minime di sistemi multivariabili. Il problema della stima asintotica dello stato in ambiente deterministico. Dispositivi osservatori. Il metodo dell'assegnamento dei poli per la soluzione del problema dell'osservatore deterministico. Osservatori adattativi per la stima contemporanea dello stato e dei parametri di un sistema dinamico in ambiente deterministico: l'osservatore di Kreisselmeier. Proprietà di un sistema dinamico chiuso in retroazione tramite un suo dispositivo osservatore. Regolazione con retroazione delle misure.
2.3. Il problema della stima ottima dello stato in ambiente stocastico. Richiami di teoria delle probabilita e dei modelli matematici dei processi stocastici. Il filtro di Kalman. Regolazione ottima con retroazione delle misure. Dualità fra controllo ottimo e stima ottima con estensione al caso frequncy-shaped.
2.4. Dispositivi di controllo di ordine dinamico limitato. Riduzione dell'ordine dinamico di un modello matematico. Spillovers e compensazione statica.
2.5. Controllo di sistemi a tempo discreto e realizzazione a tempo discreto di dispositivi di controllo per sistemi con modello a tempo continuo.

Parte II 1. *Progetto di autopiloti*: Sistemi di riferimento fissi e mobili. Autopiloti per il controllo della dinamica latero-direzionale e longitudinale.
2. *Stima dell'assetto e delle caratteristiche cinematiche di un velivolo*: Ricostruzione dello stato di un sistema dinamico non lineare in ambiente stocastico. Il Filtro di Kalman Esteso. Cenni al filtraggio robusto.

Testi consigliati

M. Tibaldi, *Progetto dei sistemi di controllo*, Pitagora, Bologna.
M. Tibaldi, *Problemi di controllo*, Pitagora, Bologna.

Modalità di svolgimento dell'esame
Consiste in una prova scritta ed una orale. In alternativa alla prova scritta è possibile presentare una tesina di approfondimento su un argomento del corso

Propedeuticità consigliate
Controlli Automatici I

Tesi di Laurea (da svilupparsi presso i Laboratori di Ingegneria Aerospaziale)
Progetto di autopiloti . Progetto di filtri robusti per la ricostruzione dell'assetto e delle caratteristiche cinematiche di velivoli dell'aviazione generale. Progetto del sistema di navigazione, guida e controllo per veicoli senza pilota (Unmanned Aerial Veichle).

CONVERSIONE DELL'ENERGIA LS **FO, cds: lsm**
Docente: **Michele Bianchi** ric.

Programma del corso:

Richiami di termodinamica: equazione generale del moto dei fluidi in forma meccanica e termica, diagramma entropico, trasformazioni di compressione ed espansione, rendimenti politropico.

Le fonti di energia primaria: i combustibili fossili, le biomasse e l'idrogeno.

Gruppi turbogas complessi (a ciclo rigenerativo, a compressione frazionata interrefrigerata, ad espansione frazionata interriscaldata, a uno o più alberi): schema di impianto, diagramma entropico, valutazioni energetiche ed economiche, regolazione, influenza delle condizioni ambiente sulle prestazioni e principali strategie di gestione. Le microturbine a gas: tipologie e applicazioni.

Gruppi a vapore: influenza dei parametri di funzionamento (pressione di condensazione, pressione di vaporizzazione), delle principali scelte progettuali (risurriscaldamento, numero di spillamenti) e delle condizioni ambiente sulle prestazioni. Regolazione dei gruppi a vapore.

Gruppi a ciclo combinato gas-vapore complessi (con post-combustione, a più livelli, con risurriscaldamento): schema di impianto, diagramma entropico, valutazioni energetiche ed economiche, regolazione e strategie di gestione.

Cogenerazione: indici di valutazione e normative. Analisi dettagliata delle diverse tipologie: gruppo cogenerativo con turbogas a recupero semplice, gruppo cogenerativo a ciclo combinato, gruppo cogenerativo a vapore in contropressione e in derivazione. La generazione distribuita.

Gestione energetica ed economica di una o più centrali: costi fissi e variabili, il mercato elettrico in Italia, il criterio del pari costo incrementale, il load following, il pompaggio e il two-shift operation.

Emissioni inquinanti nei gruppi per la produzione di energia elettrica e termica: principali problematiche, sistemi di abbattimento, normativa e unità di misura.

Celle a combustibile: principi di funzionamento, tipologie e applicazioni.

Ripotenziamento di gruppi a vapore esistenti. Analisi e confronto fra le tipologie più diffuse: hot wind-box repowering, feed water repowering, middle pressure repowering.

Modalità di svolgimento dell'esame
Orale

Testo adottato

G. Negri di Montenegro, M. Bianchi, A. Peretto, *Sistemi Energetici e loro componenti*, Edizioni Pitagora.

COSTRUZIONI AERONAUTICHE L **FO, cds: lta**
Docente: **Franco Persiani** prof. ord.

Programma del corso:
Parte I
Aeronautica generale
– Definizione dell'architettura degli aeroplani – Geometria dell'ala – Classificazione delle strutture aeronautiche: soluzioni costruttive di ali, fusoliere, velature secondarie, carrelli.
Analisi tensionale in strutture a pareti sottili

- Geometria delle masse: baricentri e momenti statici e d'inerzia – Analisi tensionale: sforzo normale, flessione semplice e deviata, taglio in travi a parete sottile e centro di taglio.
Carichi agenti sul velivolo
- Definizione dei carichi e del fattore di carico – Carichi dovuti a manovre simmetriche – Definizione del diagramma di manovra – Carichi di bilanciamento statico dell'equilibratore – Carichi di manovra sull'equilibratore – Diagramma di raffica – Carichi dovuti alla deflessione degli alettoni e dei flaps – Carichi all'atterraggio: modelli dinamici ad uno o più gradi di libertà; influenza dell'assetto sui carichi (massa ridotta); tipi di atterraggio – Carichi propulsivi.

Parte II
Calcolo statico delle strutture aeronautiche
- Strutture reticolari e schema trave. Strutture a traliccio – Fusoliere – Castelli motore – Ali a longheroni indipendenti – Ali controventate.
- Modelli a semiguscio. Componenti strutturali e loro funzioni — Strutture a rivestimento lavorante: schema a semiguscio – Schema trave a semiguscio – Risultante e momento risultante di un flusso di taglio in un pannello – Sforzi normali nei correnti e flussi di taglio nei pannelli – Equazioni di equilibrio – Centro di taglio – Asse elastico – Strutture a semiguscio multicellulari – Dimensionamento di centine e ordinate – Strutture rastremate – Effetti delle aperture.
- Modelli ad elementi finiti. Derivazione del modello a elementi finiti – Tipi di elementi – Analisi statica e cenni all'analisi dinamica – Esempi.
- Collegamenti strutturali. Flussi trasmessi dalle giunzioni trasversali e longitudinali – Attacchi e rinforzi – Calcolo delle forze agenti sugli elementi di giunzione e relativa verifica.
Instabilità delle strutture
- Considerazioni generali sull'instabilità – Instabilità generale di strutture a trave e pannelli irrigiditi – Instabilità di pareti sottili in compressione e larghezza equivalente – Instabilità di pareti sottili in flessione – Pareti piane sottoposte ad una combinazione di flessione e compressione pura - Campi di tensione diagonale per pareti sottili piane e cilindriche isotrope – Cenni sull'instabilità locale.

Libri di testo

Dispense del corso
T.H.G. MEGSON, *Aircraft Structures for engineering students*, Arnold (London).

Libri consigliati per approfondimento

D.J.PEERY, J.J. AZAR, *Aircraft Structures*, McGraw-Hill.
BRUHN, *Analysis and design of flight vehicle structures*, Jacobs Publishing inc.
ATTILIO LAUSETTI, *L'aeroplano progetto-strutture-installazioni*, Levrotto & Bella.
VINCENZO MERCURIO, *Costruzioni aeronautiche*, IBN editore.

Propedeuticità consigliate

Aerodinamica degli aeromobili, Fluidodinamica, Meccanica del volo, Meccanica dei materiali

Modalità svolgimento esame

L'esame finale è diviso in due parti, scritto e orale: l'ammissione all'orale è vincolata dal superamento dello scritto.

Lo scritto è suddiviso in due parti, come il programma. Se lo studente ha superato uno scritto

parziale su una delle due parti durante il corso, può sostenere, durante lo scritto generale, solo la parte mancante: se decide di fare lo scritto generale, perderà il voto parziale precedentemente ottenuto.

CULTURA D'IMPRESA L **CE, cds: ltt, lte, lti, ltb**

Docente: **Maurizio Morini**, prof. a contratto

Obiettivi del corso:

Introdurre gli studenti ai temi di una Cultura d'Impresa evoluta, con particolare orientamento all'attività delle piccole e medie imprese che rappresentano la spina dorsale della struttura economica italiana.

Informare gli studenti stessi sugli strumenti per l'approccio alla costruzione del valore per il Cliente e alla pianificazione delle attività d'impresa, sia in termini strategici che di sviluppo dell'innovazione.

Contenuti del corso:

Introduzione sulla Cultura d'Impresa e definizione dei termini più utilizzati;
La costruzione del valore per il Cliente e l'integrazione del Cliente nell'attività dell'Impresa;
L'organizzazione dell'Impresa e i contenuti delle diverse attività all'interno dell'Impresa, con riferimento a tutte le aree funzionali proprie dell'impresa stessa:
Marketing
Commerciale
Progettazione
Sistemi Informativi
Tecnologie informatiche
Ciclo delle Merci
Controllo Amministrazione
Gestione delle Risorse Umane
Sistemi Qualità
La Pianificazione e gli strumenti della pianificazione:
Strumenti per la Pianificazione Strategica
Processo Strategico
Pianificazione Strategica e Controllo di Gestione
Mappa Strategica per lo Sviluppo
Piano di Marketing
Internet Marketing Plan
CRM
Criteri e metodi per la Gestione Pianificata dell'Innovazione;
Approfondimenti sulla Cultura d'Impresa e sulla Leadership;
Il Valore Aggiunto Sociale come evoluzione della responsabilità sociale dell'impresa

Bibliografia

Testi di riferimento

Maurizio Morini: "Lezioni di Cultura d'Impresa" – disponibile sia come stampato che scaricabile on-line sul sito internet dell'Università. È prevista per l'inizio del 2004 una nuova stampa

Testi di approfondimento
James Champy: "X-engineering" - Sperling & Kupfer Editori
Maurizio Sobrero: (A cura di): "La gestione dell'innovazione" - Carrocci Editore
B.J Fogg: "Persuasive Technology" – Morgan Kaufman Publisher

Durante il corso sono previsti anche incontri con le Imprese che presenteranno testimonianze della loro attività.

DIAGNOSTICA DEI SISTEMI MECCANICI L **FO, cds: ltm**
Docente: **Alberto Maggiore** prof. ord.

Finalità del corso
Il corso si propone di fornire le nozioni di base per lo sviluppo, ai fini diagnostici, dell'analisi dei segnali vibratori provenienti dai sistemi meccanici.

Programma del corso
Generalità sulla manutenzione delle macchine. Elementi di analisi dei dati. I trasduttori. Analisi dei malfunzionamenti dei sistemi meccanici. Monitoraggio e diagnostica.
Le esercitazioni del corso si basano, prevalentemente, sull'apprendimento di tecniche di acquisizione ed analisi dei segnali con l'uso del calcolatore.

Testi consigliati

Appunti delle lezioni preparati dal docente.
BENDAT J.S., PIERSOL A.G., *Random Data - Analysis and Measurement Procedures*, Second Edition, Wiley-Interscience, 1986.
COLLACOTT R.A., *Vibration Monitoring and Diagnosis*, George Godwin Ltd. - J. Wiley & Sons, 1979.

DIAGNOSTICA STRUTTURALE L **FO, cds: ltm**
Docente: **Prof. Vincenzo Dal Re,** prof. straord.

Programma del corso:
RICHIAMI SUL COMPORTAMENTO STATICO DEI MATERIALI: Comportamento in campo elastico, comportamento in campo plastico. Prove meccaniche.
FATICA A BASSO NUMERO DI CICLI (a deformazione imposta): simulazione del comportamento del materiale in campo elasto-plastico: effetto Bauschinger, addolcimento e incrudimento ciclico, curva ciclica, curva di isteresi
MECCANICA DELLA FRATTURA LINEARE ELASTICA: modi di frattura, Metodi energetici (Criterio di Griffith), stato piano di tensione e stato piano di deformazione, il fattore di intensificazione delle tensioni, effetto di modeste plasticizzazioni all'apice del difetto, la zona plastica, metodi di misura della tenacità a frattura, fattori che influenzano la tenacità a frattura.
PROPAGAZIONE A FATICA DEL DIFETTO: Equazione di Paris.
MISURE SPERIMENTALI DELLE TENSIONI: Estensimetri elettrici, lacche fragili.
I CONTROLLI NON DISTRUTTIVI: I principali difetti costruttivi nei materiali (da fonderia, da

trattamenti termici, da saldatura). Tecniche di controllo non distruttivo: liquidi penetranti, ultrasuoni, magnetoscopia, correnti parassite, radiografia, emissioni acustiche. Esempi di applicazione.

Modalità d'esame:
Esame orale con VOTO

Testi consigliati:

L. VERGANI: *Meccanica dei materiali*, McGraw-Hill, Milano, 2001
D. BROEK: *Elementary Engineering Fracture Mechanics*, Sijthoff & Noordhoff, Alpen aan den Rijn Netherlands, 1978
ASM: *Metals Handbook*, Vol. 17, Nondestructive Evaluation and Quality Control

DINAMICA DEL VOLO LS **FO, cds: lsa**
Docente: **Gian Marco Saggiani** prof. ass.

Finalità del corso

La dinamica del volo è attualmente focalizzata sulla determinazione delle caratteristiche di volo e maneggevolezza di un aeroplano. Queste, a loro volta, sono strettamente correlate con le caratteristiche di stabilità statica e dinamica e di controllo del velivolo. Scopo del corso è introdurre lo studente nei problemi fondamentali della stabilità e del controllo e di evidenziare la loro correlazione con le caratteristiche di volo dell'aeromobile. Lo studente, durante il corso, dovrà acquisire un livello sufficiente di conoscenze per impostare e risolvere le equazioni del moto di un corpo rigido e pervenire ad una corretta interpretazione della soluzione. Esercitazioni di laboratorio, con utilizzo di metodi computazionali, permetteranno di risolvere le equazioni del moto di aeroplani convenzionali.

Programma del corso

Introduzione: definizione di stabilità, manovrabilità e controllo di un aeromobile
Sistemi di riferimento e definizioni: terne terrestri, sistema di riferimento aeromobile, angoli di Eulero, trasformazioni fra le terne, definizioni geometriche, definizione angoli positivi delle superfici di comando
Richiami di stabilità statica:
Stabilità statica longitudinale
Stabilità statica latero-direzionale
Equazioni del moto: equazioni del moto di un corpo rigido, linearizzazione, disaccoppiamento delle equazioni, equazioni del moto nella forma della equazioni di stato.
Derivate aerodinamiche: derivate di stabilità e controllo longitudinali e latero-direzionali, confronto definizioni americane e inglesi.
Soluzione delle equazioni del moto: soluzione con il metodo di Cramer, funzioni di trasferimento della risposta di un aeromobile, risposta ai comandi, funzioni di trasferimento della risposta ad una accelerazione, soluzione dell'equazioni di stato, equazioni di stato "aumentate".
Dinamica longitudinale: risposta ai comandi, modi propri longitudinali di Corto Periodo e Fugoide, soluzioni approssimate, risposta in frequenza.
Dinamica latero-direzionale: risposta ai comandi, modi propri latero-direzionale di Rollio Spirale e Dutch, soluzioni approssimate, risposta in frequenza.

Stabilità e Qualità di volo: definizione di stabilità e metodi per la sua misurazione, requisiti per la qualità di volo longitudinale, requisiti per la qualità di volo latero-direazionale, stabilità statica e dinamica secondo la JAR 25
Esercitazioni in laboratorio: utilizzo di programmi in MATLAB per lo studio della dinamica dei velivoli

Libri di testo

Dispense del corso
M.V. COOK, *Flight dynamics principles*, Butterworth Heinemann.

Libri di approfondimento
B. ETKIN, *Dynamics of atmospheric flight*, John Wiley & Sons Inc.
J.B. RUSSELL, *Performance & stability of aircraft*, Butterworth Heinemann.
L. MANGIACASALE, *Meccanica del volo atmosferico*, Levrotto & Bella, Torino.
LOUIS V. SCHMIDT, *Introduction to aircraft flight dynamics*, Reston (Va), AIAA, c1998.

Propedeuticità richieste:
Aerodinamica; Meccanica del volo; Controllo automatici.

Modalità svolgimento esame:
Esame finale orale

DINAMICA DEL VOLO SPAZIALE E STRUMENTAZIONE AEROSPAZIALE L

FO, cds: Ita

Docente: **Paolo Tortora** ric.

Programma
Analisi e progetto di una missione spaziale
Definizione degli obiettivi della missione
Identificazione delle possibili architetture di missione
Identificazione dei "design driver" per il sistema satellite

Fondamenti di astrodinamica
Problema dei due corpi (orbite Kepleriane)
Perturbazioni orbitali
Manovre orbitali

Definizione e dimensionamento dei payloads
Payloads tecnologici
Payloads scientifici
Strumenti per l'osservazione della terra

Sottosistemi di un satellite
Strutture e meccanismi
Controllo termico
Sistema di potenza

Computer di bordo
Determinazione e controllo di assetto
Guida e navigazione
Sistema di comunicazioni

Testi consigliati:

W.J. LARSON, J.R. WERTZ, *Space Mission Analysis and Design*, Kluver, 1992
P. FORTESCUE, J. STARK, *Spacecraft Systems Engineering*, Wiley, 1995
WERTZ, J.R. (ed.), *Spacecraft Attitude Determination and Control*, Kluwer, 1978
F. GRAZIANI, *Dispense del corso di Astrodinamica Applicata*, A.A. 1992-1993, Scuola di Ingegneria Aerospaziale, Roma

DINAMICA DELLE MACCHINE E DEI SISTEMI MECCANICI LS **FO, cds: lsm**
DINAMICA DELLE MACCHINE E DEI SISTEMI MECCANICI
(V anno Laurea V. O.)
(II anno Laurea LS)
Docente: **Alessandro Rivola** prof. ass.

Finalità

Introdurre l'allievo allo studio dei problemi di interesse tecnico relativi alla dinamica delle macchine e dei sistemi meccanici. Vengono trattati in particolare la modellazione dei sistemi meccanici e i metodi analitici e sperimentali per l'analisi delle vibrazioni.

Programma

1. *Dinamica delle macchine e degli impianti.* Richiami: analisi dinamica; azioni di inerzia; energia cinetica; principio di D'Alembert; principio dei lavori virtuali; equazione energetica; teorema di conservazione dell'energia meccanica; gradi di libertà; equazioni di Lagrange; riduzione di masse e forze. Il problema dinamico diretto; il problema dinamico inverso.

2. *Fondamenti di meccanica delle vibrazioni.* Sistemi continui e discreti. Elementi elastici: molle lineari; molle non-lineari; calcolo di costanti elastiche. Elementi smorzanti: smorzatore viscoso; attrito coulombiano; smorzamento strutturale. Il moto armonico: richiami; rappresentazione vettoriale; rappresentazione con numeri complessi; lavoro compiuto in moti armonici.

3. *Sistemi ad un grado di libertà.* Vibrazioni libere: Il sistema molla-smorzatore; il sistema massa-smorzatore; il sistema massa-molla; il sistema massa-molla-smorzatore; piano delle fasi; metodo del decremento logaritmico; vibrazioni libere con attrito coulombiano; vibrazioni libere con smorzamento isteretico. Metodi energetici: introduzione al metodo di Rayleigh. Vibrazioni forzate: risposta all'eccitazione armonica (risonanza di ampiezza e di fase); funzione risposta in frequenza (FRF); metodo della banda di mezza potenza; eccitazione proporzionale al quadrato della frequenza; eccitazione armonica in risonanza; vibrazioni forzate con smorzamento strutturale; risposta all'impulso; risposta all'eccitazione generica.

4. *Sistemi a due gradi di libertà.* Equazioni del moto: scelta coordinate; accoppiamento statico e dinamico. Vibrazioni libere: equazione caratteristica; calcolo pulsazioni naturali; modi di vibrare; condizioni iniziali; moto rigido. Vibrazioni forzate: matrice impedenza.

5. *Sistemi a molti gradi di libertà.* Sistemi senza smorzamento: matrice massa e matrice rigidezza; autovalori e autovettori; ortogonalità dei modi; matrice modale; disaccoppiamento; moti

rigidi. Sistemi smorzati: smorzamento proporzionale. Vibrazioni forzate: metodo modale e pseudo-modale.

6. *Sistemi continui*. Corda vibrante. Vibrazioni assiali di un'asta rettilinea. Condizione di ortogonalità delle forme modali. Vibrazioni torsionali delle travi. Vibrazioni flessionali delle travi. Metodi approssimati: Rayleigh e Rayleigh-Ritz. Vibrazioni forzate.

7. *Misure di vibrazione e analisi modale*. Componenti della catena di misura. Analisi nel dominio della frequenza. Il campionamento: teorema di Shannon; aliasing. Trasformata discreta di Fourier. Introduzione all'analisi modale sperimentale: funzione di trasferimento e Funzione Risposta in Frequenza (FRF); rilievo sperimentale della FRF; fondamenti analitici dell'analisi modale; estrazione delle forme modali (metodo ad un gdl); schema del procedimento. Prove sperimentali: misura di frequenze naturali; scelta dei parametri di acquisizione; eccitazione di una struttura con shaker elettrodinamico e con martello strumentato; rilievo sperimentale di FRF; osservazioni sulla funzione coerenza; estrazione dei parametri modali; visualizzazione dei modi di vibrare.

8. *Modellazione a parametri concentrati*. Modelli a parametri concentrati di sistemi continui: modello di aereo; modello di autoveicolo; modello di una pressa. Modelli a parametri concentrati di meccanismi: il comportamento dinamico dei meccanismi; inerzie; rigidezze; azioni dissipative; giochi; attrito secco; rigidezza di contatto; schiacciamento del lubrificante; integrazione delle equazioni; la validazione; impiego del modello. Esempi.

9. *Introduzione al metodo degli elementi finiti*.

Testi di riferimento

FUNAIOLI E. MAGGIORE A., MENEGHETTI U., *Lezioni di Meccanica applicata alle macchine*, Vol. II, ed. Pàtron, Bologna.

RAO S.S., *Mechanical vibrations*, Third edition, Addison Wesley Pub. Company, 1995.

Dispense redatte dal docente.

Materiale relativo alle Esercitazioni svolte durante il corso.

Modalità di esame

Prova orale.

Propedeuticità consigliate

Meccanica applicata alle macchine L

Meccanica degli azionamenti

DINAMICA STRUTTURALE E AEROELASTICITÀ LS **FO, cds: lsa**

Docente: **Mario Rosario Chiarelli** prof. Inc.

Programma del corso:

DINAMICA STRUTTURALE

Richiami dei risultati relativi all'oscillatore semplice. Sistemi discreti con "n" gradi di libertà. Caratterizzazione variazionale delle autofrequenze. Sistemi continui. Metodi energetici per la soluzioni di problemi di dinamica strutturale. Analisi modale di modelli semplificati di strutture di impiego aeronautico e aerospaziale.

AEROELASTICITÀ

Aeroelasticità statica: divergenza torsionale di ali diritte di elevato allungamento; effetti ae-

roelastici sulla redistribuzione dei carichi aerodinamici su ali diritte di elevato allungamento; comportamento aeroelastico di ali a freccia; efficacia ed inversione del comando di alettone.

Aeroelasticità dinamica: cenni ai metodi e ai risultati della teoria della aerodinamica non-stazionaria. Il fenomeno del flutter: analisi del problema fisico. Flutter di un modello rigido a due gradi di libertà. Analisi del flutter con il metodo dei modi assunti. Analisi del flutter con metodi numerici.

Materiale didattico e testi di riferimento:

Appunti delle lezioni preparate dal docente
Aeroelasticity - *R. L. Bisplinghoff, H. Ashley and R. L. Halfman, 1996*
An introduction to the theory of aeroelasticity - *Y.C. Fung, 1993*
Principi di aeroelasticità - *G. Chiocchia, Levrotto & Bella, Torino, 1990*

DIRITTO DELLA NAVIGAZIONE AEREA L **FO, cds: lta**
Docente: **Anna Masutti** prof. ass.

Argomenti del corso:
1. I BENI PUBBLICI DELLA NAVIGAZIONE AEREA
- Organizzazione degli aeroporti e degli impianti aeronautici.

2. GLI ENTI E GLI ORGANISMI INTERNAZIONALI DELLA NAVIGAZIONE AEREA
- E.N.A.C., I.C.A.O.,.E.C.A.C.

3. FORME DI GESTIONE DELLE INFRASTRUTTURE AEROPORTUALI
· - Il sistema di gestione degli aeroporti nazionali;
· - Il processo di privatizzazione delle società e degli enti gestori di aeroporti;
· - I servizi di *handling* aeroportuale: la disciplina nazionale e comunitaria.

4. I SERVIZI DI NAVIGAZIONE AEREA NEL QUADRO DI RIFERIMENTO INTERNAZIONALE
· - Le cinque libertà dell'aria: libertà tecniche e libertà commerciali;
· - Gli accordi bilaterali, gli accordi multilaterali e gli accordi c.d. "*open sky*".

5. L'ACCESSO AL MERCATO DEI SERVIZI AEREI COMUNITARI
· - La disciplina comunitaria dell'accesso al mercato del trasporto aereo;
· - La liberalizzazione del mercato;
· - Nuove tipologie contrattuali del trasporto aereo di passeggeri: i contratti di *code sharing*, gli accordi *frequent flyer*.

6. IL CONTRATTO DI TRASPORTO AEREO DI PERSONE E DI COSE E LA RESPONSABILITÀ DEL VETTORE AEREO
· - Contratto di trasporto aereo internazionale e responsabilità del vettore: Convenzione di Varsavia del 1929 e successive modifiche ed integrazioni, Convenzione di Montreal del 1999;
· - La disciplina comunitaria della responsabilità del vettore aereo: i regolamenti (CE) n. 2027/97 e 889/02.

7. IL REGIME GIURIDICO DEGLI SLOT
- Procedure di allocazione: *Grandfather's Rule* e *Use it or Lose it Rule*;
- La figura del vettore *new entrant*;
- La commercializzazione degli *slot* (il c.d. "*secondary trading*").

8. LA DISCIPLINA DELL'OVERBOOKING
- Il regolamento sull'*overbooking* e le proposte di modifica.

9. LA POLITICA EUROPEA DEL TRASPORTO AEREO
- La carta dei diritti del passeggero;
- Il progetto del cielo unico europeo.

Nel corso delle lezioni verranno ospitati rappresentanti delle istituzioni nazionali e comunitarie dell'aviazione civile, nonché rappresentanti delle imprese di costruzione aeronautica, del trasporto aereo e degli operatori aeroportuali (operatori dei servizi di *handling* aeroportuale).

Nel corso dell'Anno Accademico 2002/2003 sono intervenuti: il Presidente dell'Ente Nazionale dell'Aviazione Civile (E.N.A.C.), un rappresentante di un'impresa nazionale di costruzione aeronautica e due rappresentanti delle imprese di trasporto aereo di passeggeri. Maggiori informazioni in merito agli incontri tenuti ed ai temi trattati sono rinvenibili sul sito www.ingfo.unibo.it/Attiricerca/seminari.

Il corso sarà integrato dall'analisi di casi pratici che si svolgeranno durante l'orario di lezione. In particolare, sono previsti i seguenti seminari:
I servizi di handling aeroportuale
Responsabile didattico: Simona Morelli;
Nuovi orientamenti comunitari in tema di slot allocation.
Responsabile didattico: Freya Tamburini.
Le date e gli orari dei seminari saranno rese note durante il corso.

La continuità nella partecipazione al corso e ai seminari sarà verificata mediante la raccolta di firme nel registro delle presenze.

L'assidua frequenza al corso (pari al 50% delle lezioni) e ad almeno uno dei seminari, specificamente dedicati all'approfondimento dei temi del corso, consentirà di portare in sede di esame un programma differenziato.

Libri di testo

Dispense del corso.

Può costituire un valido strumento di approfondimento delle tematiche svolte a lezione la consultazione della News Letter, periodico trimestrale finalizzato a fornire un costante aggiornamento sulle più recenti novità normative e giurisprudenziali a livello nazionale, comunitario ed internazionale (la News Letter è consultabile in formato PDF alla voce News Letter alla Home Page di questo sito).

Per l'approfondimento si consiglia, inoltre, il seguente testo:
A. Lefebvre D'Ovidio – G. Pescatore – L. Tullio, Manuale di diritto della navigazione, Milano, Giuffré, 2000, 9a ed., (cap. IV, sez. III; cap.V, sez. II, §§148 e 149; cap. V, sez. V, §§160 e161; cap. XIII, sez. V, §§ 392-397, §§428-430).

DISEGNO ASSISTITO DAL CALCOLATORE L **FO, cds: lta,ltm**
Docente: **Luca Piancastelli,** prof. straord.

Programma per il corso:

1. La progettazione automatica in campo strutturale: il disegno delle strutture tramite CAD, dal CAD alla preparazione dei dati per il calcolo strutturale, il calcolo matriciale delle strutture.

2. Principi di modellazione geometrica: le curve (forma algebrica e geometrica, curva parametrica cubica, curve di Bezier, curve spline e B-spline, intersezione di curve, proprietà intrinseche), le superfici (forma algebrica e geometrica), i solidi (forma algebrica e geometrica), le trasformazioni.

3. Il CAD 2D ed il CAD3D: cenni sull'architettura dei computers e delle periferiche, principali modalità di modellazione solida, modelli booleani, modellazione interattiva delle superfici parametriche, cenni sui principali software grafici, ruolo del CAD nell'azienda, le immagini fotorealistiche sul calcolatore, l'animazione, cenni su principali software grafici.

4. Generazione automatica di una maglia: il metodo dei punti chiave e il metodo di Voronoi.

5. Calcolo automatico delle strutture: concetto di discretizzazione (reticolari, telai, strutture continue), metodo degli elementi finiti (l'elemento triangolare a 3 nodi, i gradi di libertà, le funzioni di forma, le regole di convergenza, gli elementi di ordine superiore, l'errore di discretizzazione), equazione di equilibrio discreta col principio dei lavori virtuali (matrice di rigidezza, vettori equivalenti dei carichi, calcolo delle tensioni), il calcolo delle reticolari, il calcolo dei telai, il calcolo delle strutture bidimensionali, i codici di calcolo commerciali.

Oltre alle lezioni di teoria saranno svolte esercitazioni col calcolatore per il disegno di un mezzo meccanico, la sua discretizzazione ed il calcolo strutturale.

Testi consigliati

MORTENSON M.E., *Modelli geometrici*, Mac-Graw-Hill Italia, 1989.
GEORGE P.L., *Automatic Mesh Generation*, John Wiley, 1991.
CESARI F., *Introduzione al metodo degli elementi finiti*, Ed. Pitagora, 1995.
CESARI F., *Calcolo matriciale delle strutture*, Ed. Pitagora, 1994.
CESARI F., *Calcolo automatico di telai e strutture piane*, Ed. Pitagora, 1996.

DISEGNO TECNICO AEROSPAZIALE L -
DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE L **FO, cds: lta,ltm**
Docente: **Luca Piancastelli** prof. straord.

Finalità del corso:

L'Insegnamento tratta le tecniche impiegate per descrivere le forme di un manufatto o simulare processi di interesse per l'Ingegneria Meccanica. Dopo una prima parte dedicata al disegno geometrico, vengono esaminate le principali norme da impiegare per la corretta rappresentazione di particolari e complessivi.

Sono previste delle esercitazioni pratiche in cui vengono spiegate ed assegnate alcune tavole relative a componenti meccanici o a schemi d'impianti che lo studente esegue durante il corso o, comunque, presenta al Docente all'atto della prova d'esame.

Programma del corso:

Strumenti convenzionali per il disegno. Linee e scritturazioni unificate. Scelta formati e scale.

Cenni sugli strumenti non tradizionali per il disegno.
Costruzioni geometriche fondamentali.
Il metodo delle proiezioni ortogonali.
Vera forma di superfici piane. Intersezioni e sezioni piane.
Compenetrazione di solidi.
Proiezioni assonometriche oblique ed ortogonali.
Norme e convenzioni nel disegno tecnico. Viste e sezioni. Criteri generali di quotatura. Numeri di Renard.
Disegni d'insieme (complessivi) e disegni di particolare. Quotatura funzionale (cenni). Influenza dei motori di produzione sul disegno e la quotatura dei pezzi. Quotatura di fabbricazione e controllo. Cenni al trasferimento di quote (dalla quotatura funzionale a quella di fabbricazione).
Sistema ISO di tolleranze. Definizione ed indicazione della rugosità delle superfici.
Materiali. Prove di laboratorio: trazione (cenni). Designazione e classificazione degli acciai, delle ghise, delle leghe di rame, alluminio, magnesio. Criteri per la scelta dei materiali.
Collegamenti. Filettature. Collegamento albero-mozzo (linguette, chiavette, profili scanalati, anelli elastici, ecc.). Chiodature, rivettature, saldature.
Articolazioni e guide. Guide al moto rettilineo. Guide al moto rotatorio (cuscinetti radenti e volventi). Sistemi di lubrificazione.
Trasmissioni meccaniche. Alberi, giunti, innesti, ruote di frizione, ruote dentate.

Modalità di svolgimento dell'esame

L'esame consta di una prova scritta e di un orale.

La prova scritta consiste in alcune domande di teoria e nell'esecuzione di una prova grafica (analoga ad una delle tavole assegnate durante le esercitazioni).

La prova orale è basata sul programma svolto a lezione durante il corso e sulla discussione degli elaborati grafici.

Testi consigliati:

UNI M1, *Norme per il disegno tecnico*, vol. 1, 2, pubblicato a cura dell'Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Piazza Armando Diaz 2, 20123 Milano.
Chirone, Tornincasa, *Disegno Tecnico Industriale*, ed. Il Capitello, Torino.
Straneo, Consorti, *Disegno di Costruzioni Meccaniche*, vol. 1, 2, ed. Principato, Milano.
Manfè, Pozza, Scarato, *Disegno meccanico*, vol. 1, 2, 3, ed. Principato, Milano.
Conti, *Disegno tecnologico*, vol. 1, 2, ed. Pitagora, Bologna.
Sobrero, *Corso di Disegno*, solo vol. 1, ed. Pitagora, Bologna.
Filippi, *Disegno di Macchine*, vol. 1, 2, ed. Hoepli, Milano.

ECONOMIA DELLE SOCIETÀ DELL'INFORMAZIONE LS — CE, cds: S

Docente: **Attilio Stajano** prof. inc

Introduzione

Le imminenti prospettive di allargamento dell'Unione europea, le grandi riforme istituzionali dibattute nella Convenzione europea, nonché i cambiamenti del contesto economico, sociale e culturale indotti dalla Società dell'Informazione suggeriscono che la formazione scientifica e tecnica degli ingegneri sia integrata da una prima familiarizzazione con il contesto istitu-zionale ed economico nel quale i futuri ingegneri eserciteranno la loro professione.

Questo corso non è un insegnamento di economia, è piuttosto una sensibilizzazione alla nostra appartenenza ad una comunità più vasta del nostro Paese e ad alcuni aspetti della evoluzione della nostra società trasformata dalla tecnologia, dalla globalizzazione e dalla interconnessione.

Il corso introduce alla storia, ai principi fondatori, alle istituzioni ed alle attività dell'Unione europea, in vista di presentare poi in dettaglio, nel quadro della società dell'informazione, le politiche per lo sviluppo sostenibile, alla luce del loro obiettivo di aumentare la competitività dell'economia europea e assicurarne una crescita so-stenibile.

Questo percorso approfondisce alcune delle politiche comunitarie: la creazione del mercato interno, la politica di concorrenza, le politiche per la crescita sostenibile, ed in particolare, la politica della ricerca.

Finalità del Corso

Descrivere la struttura istituzionale dell'Unione europea (Ue) ed i fondamenti delle politiche per lo sviluppo sostenibile.

Descrivere la trasformazione del mercato interno europeo e la politica di concorrenza

Descrivere i settori di eccellenza e competitività dell'industria europea nel suo insieme e nei singoli Stati membri dell'Ue

Descrivere le politiche dell'Ue per lo sviluppo sostenibile, ed in particolare, il ruolo del programma quadro per la ricerca e lo sviluppo tecnologico (R&D) nel promuovere la coesione, la competitività e lo sviluppo industriale nell'Ue

Descrivere il ruolo del programma e-Europe nel promuovere trasformazione dell'impresa e della pubblica amministrazione nel contesto della società dell'informazione

Accedere alle fonti bibliografiche e alle informazioni in rete sulla R&D nell'Ue

Organizzazione del corso

Il corso richiede una partecipazione attiva da parte degli studenti ed una familiarità con l'uso dell'Internet.

È organizzato in modo da creare una comunità di studio e di formazione in una situazione in cui lezioni ex-cathedra sono integrate da attività asincrone on-line.

Gli studenti prolungano le discussioni organizzate in aula con comunicazioni, contributi e domande inviati al docente via e-mail.

Non è consigliato di iscriversi al corso se non si intende frequentare assiduamente le lezione e dedicare del tempo di studio durante la durata del corso.

Contenuto del corso

L'Unione europea è una regione ad alto costo del lavoro.

Le spese per i salari, i servizi sociali, la formazione, la sanità, la protezione dell'ambiente possono essere compensati solo in parte da un'elevata produttività, un'elevata efficienza della pubblica amministrazione, dall'eliminazione delle barriere doganali e dei costi di conversione monetaria.

La possibilità di competere sui mercati mondiali dipende dalla capacità di qualificare la superiorità dei prodotti ed i servizi europei in base allo loro qualità, al loro contenuto innovativo ed alla loro risposta alla domanda di un mercato in evoluzione.

La supremazia su base di qualità offre una possibilità di conciliare l'alto tenore di vita e gli elevati salari europei con la competitività dei prodotti e dei servizi europei. La politica della ricerca dell'Unione europea, rinforza la base scientifica e tecnologica delle attività industriali dell'Unione, per renderle più competitive; contribuisce alla qualificazione della forza lavoro, alla realizzazione del mercato interno, alla coesione ed integrazione degli Stati membri.

La rete di collaborazioni di ricerca stabilisce nuove regole nelle cooperazioni internazionali, allinea le imprese al più elevato livello di qualità e produttività e propone processi di integrazione industriale. La politica della ricerca favorisce la piccola e media impresa, crea standard europei e sistemi aperti per consentire l'ingresso di nuove imprese (in particolare piccole e medie) in mercati tradizionalmente dominato da oligopoli americani.

La ricerca consente all'industria dell'Unione europea di fare fronte alla sfida della nuova economia globalizzata ed interconnessa della società dell'informazione.

La politica della ricerca offre uno spazio di collaborazione tra gli operatori industriali e le istituzioni di ricerca dell'Unione europea nel quadro della politica di concorrenza, definendo uno spazio di precompetitività nel quale operatori economici che competono nel mercato trovano un interesse strategico in collaborazioni senza frontiere l'Italia è tra gli ultimi paesi in Europa (ed a grande distanza dagli US) in termini di ricerca, sia pubblica sia, soprattutto, privata.

L'Italia è anche tra gli ultimi Stati membri per investimenti ITC pro capite, per registrazione di brevetti, alfabetizzazione informatica e diffusione dell'Internet.

Per l'Italia si prospetta un quadro allarmante per l'evoluzione nel lungo termine, quando sarà cambiato il posizionamento di economie basate su mercati maturi e su processi tradizionali Il corso illustra che una prospettiva di risanamento potrebbe nascere dall'inversione della tendenza a ridurre gli investimenti pubblici e privati per la ricerca, dall'allineamento alla politica della ricerca dei Stati membri dell'Unione europea più avanzati, nonché da un recupero del ritardo nell'attuazione del programma comunitario e-Europe, volto alla diffusione dell'Internet e alla "elettrificazione" dell'impresa, del commercio e della pubblica amministrazione

Il corso dura 30 ore. Le lezioni sono articolate come segue:

Introduzione

PARTE PRIMA
Il contesto istituzionale dell'Unione europea
1 Le origini dell'Unione europea
2 Principi e politiche dell'Unione europea
3 Istituzioni dell'Unione europea
4 L'Unione europea dopo Maastricht
5 Il bilancio dell'Unione europea
6 Mercato interno e concorrenza
7 Unione economica e monetaria

PARTE SECONDA
Competitività dell'Unione europea
8 Panoramica degli Stati membri
9 Competitività dell'economia europea
10 Competitività e qualità

PARTE TERZA
Politica della ricerca e politica tecnologica nell'Unione europea
11 Ricerca comunitaria
12 I programmi quadro
13 Competitività, innovazione e ricerca
14 Società dell'informazione, e-Europe ed e-commerce

15 e-Strategy Una strategia per l'impresa nella società dell'informazione
16 Conclusioni

Testi e materiale didattico di supporto

Dispense del corso e allegati
PASCAL FONTAINE, "10 lezioni sull'Europa" Un opuscolo della Commissione europea. 1998
ATTILIO STAJANO, 'Technology Policy in the European Union, and European Integration' A paper in the proceedings of the EU-US Science and Technology Policy Conference. Atlanta, GA April 9 and 10, 1999 GeorgiaTech EU Center/USG Atlanta, GA 30332-0610, USA
La comunità di apprendimento on –line è basata sulla piattaforma Claroline, alla quale gli studenti avranno accesso a partire dal 15 ottobre 2003.

Modalità di svolgimento dell'esame

Il corso da luogo all'attribuzione di 3 crediti per gli studenti che risultano IDONEI all'esame finale. Il risultato finale è attribuito con questi criteri:
Prova scritta intermedia 25%
Prova scritta finale 35%
Partecipazione alle attività asincrone on line 20%
Partecipazione in aula 20%

Sono dichiarati IDONEI gli studenti che conseguono complessivamente il 60%. Gli studenti che hanno conseguito almeno il 50% possono chiedere dopo la pubblicazione dei risultati della prova scritta finale un colloquio che pesa per il 15%.

Una prima sessione della prova scritta finale ha luogo durante l'ultima settimana del corso. Altri appelli saranno proposti nei mesi successivi.

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE LA **CE, cds: ltt, lte, lti, ltb**
Docente: **Rosa Grimaldi** ric.

Obiettivi del corso

Fornire le conoscenze di base per la comprensione delle caratteristiche e del funzionamento del sistema aziendale. Presentare i principali strumenti di rappresentazione e di analisi economica dei risultati aziendali. Fornire gli strumenti di base per l'analisi economica delle principali decisioni aziendali.

Struttura e contenuti del corso

A) Il quadro di riferimento
Imprese e organizzazioni come sistemi aperti. Un modello di riferimento per l'analisi della competitività delle imprese. Risorse e competenze aziendali: la catena del valore di Porter.

B) Il bilancio d'esercizio
Lo stato patrimoniale. Le transazioni. Il Processo contabile. Il Conto Economico. Gli ammortamenti e l'analisi delle rimanenze. La riclassificazione del bilancio. Gli indici di bilancio.

C) Analisi dei costi per le decisioni
Introduzione ai costi. Volumi-costi-profitto: l'analisi di break-even. L'utilizzo delle configurazioni di costo a supporto delle decisioni. Il budget.

D) La valutazione degli investimenti
Il concetto di investimento. Capitalizzazione e attualizzazione. Il metodo del valore attuale netto (VAN). Gli elementi per la valutazione dei progetti di investimento: il rendimento richiesto, la vita economica del progetto, i flussi di cassa rilevanti. Altri metodi per l'analisi degli investimenti: il metodo del tasso interno di rendimento (TIR) e del tempo di recupero

Bibliografia

R. ANTHONY, D.M. MACRÌ, L.K. PEARLMAN (2000), *Il Bilancio. Strumenti di analisi per la gestione (2a edizione)*, McGraw-Hill, Milano (capp. 1-6, 8, 11 e 12, appendici C e D).
R.N. ANTHONY, D.F. HAWKINS, D.M. MACRÌ, K.A. MERCHANT (2001), *Sistemi di controllo di gestione: analisi economiche per le decisioni aziendali* (capp. 1,2,3,4,12,13,14).

Una selezione di articoli e altro materiale didattico sarà indicato e/o reso disponibile a cura del docente durante lo svolgimento del corso.

Modalità di svolgimento dell'esame
L'esame finale prevede una prova scritta le cui date saranno fissate in base al calendario della Facoltà e comunicate attraverso affissione in bacheca. L'iscrizione all'esame avviene attraverso lista cartacea. Durante lo svolgimento del corso saranno previste, esclusivamente per i frequentanti, due prove parziali di valutazione dell'apprendimento.

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE L — FO, cds: lta, ltm

Docente: **Piero Bonicelli della Vite**, prof. inc.

Argomenti del corso:
L'impresa come sistema di trasformazione input-output. Obiettivi dell'impresa: efficacia ed efficienza.

Organizzazione e Teoria Organizzativa: cosa è una organizzazione, organizzazioni come sistemi, dimensioni della progettazione organizzativa, ruolo ed evoluzione della teoria e della progettazione organizzativa.

Strategia e progettazione organizzativa: direzione strategica e top management, strategie e progettazione; efficacia organizzativa: approcci contingenti e approcci bilanciati.

Elementi della struttura organizzativa: approccio basato sul trattamento delle informazioni, alternative di progettazione, strutture funzionali, divisionali e per area geografica. Struttura a matrice, struttura orizzontale, struttura ibrida. Sintomi di declino organizzativo.

Progettazione dei Sistemi Aperti: l'ambiente esterno. Ambiente ed incertezza ambientale, risposta organizzativa all'incertezza, dipendenza dalle risorse e controllo delle risorse ambientali.

Contabilità generale e bilancio di esercizio. Significato, funzione e metodologia della contabilità generale. Il bilancio: forma e contenuto. Il bilancio d'esercizio secondo la normativa vigente: presentazione e analisi delle singole voci. Schemi di riclassificazione del bilancio: conto economico (costo del venduto, valore della produzione, al margine di contribuzione) e dello stato patrimoniale secondo i criteri di liquidità ed esigibilità. Le valutazioni di bilancio. Disciplina della

valutazione di bilancio: La legge civile e la legge fiscale.

Le analisi di bilancio. Generalità sulle analisi di bilancio. Gli indici di bilancio: redditività, posizione e liquidità, solidità patrimoniale. Analisi del ROE. I flussi finanziari.

Contabilità analitica e analisi dei costi. Contenuti e scopi della contabilità analitica. Criteri di classificazione dei costi. Le "figure" di costo. Metodologia di calcolo dei costi. La contabilità per centri di costo. La contabilità di costo basata sulle attività:Activity Based Costing. Impiego della contabilità analitica nelle valutazioni di convenienza economica.

L'analisi del punto di pareggio e il margine di contribuzione. La leva operativa.

Il budget e il controllo di gestione. Il budget: caratteristiche e documenti amministrativi. Formazione del budget aziendale: il budget dell'area commerciale, il budget di produzione. Il budget aree servizi e staff: Zero Base Budgeting. Il consolidamento dei budget di settore: budget economico, finanziario, patrimoniale. L'analisi degli scostamenti: contabilità a costi standard, budget flessibili, analisi degli scostamenti.

Analisi e valutazione degli investimenti. Decisioni di breve termine: i costi differenziali, analisi della contribuzione, problemi nella scelta tra alternative. Decisioni di lungo termine:le valutazioni finanziarie. Decisioni di investimento e decisioni finanziarie. Valore attuale e costo opportunità del capitale. La relazione tra rischio e rendimento atteso di investimento. Mercato dei capitali e decisioni di consumo, i principali criteri di valutazione degli investimenti: valore attuale netto (VAN), tassa interna di rendimento (TIR), tempo di recupero, rendimento medio contabile. Indice di redditività e rapporto costi/benefici. Decisioni di investimento con il metodo del valore attuale netto.

Il Capital Asset Price Model. Il caso di interazione tra progetti. La gestione del capitale circolante.

Bibiografia:

Testi di riferimento:

R:L: DAFT - *Organizzazione Aziendale* – Apogeo 2001 - (cap 1,2,3,4)
L. BRUSA: *L'amministrazione e il controllo.* Etaslibri, Milano, 1999 - (cap. 1,2,3,4,5)
RN ANTHONY –RD HAWKINS -DM MACRÌ- JA MERCHANT – *Sistemi di controllo di gestione: analisi economiche per le decisioni aziendali* – McGraw-Hill, Milano,2001

Esercizi e Consultazione:

GIOVANNI AZZONE: *Economia e organizzazione aziendale* - Città Studi, Milano, Terza edizione 1992.
CA D'AMBROSIO-SD HODGES- *Esercizi di finanza Aziendale* - McGraw-Hill, Milano, 1999.
RN ANTHONY –DM MACRÌ-LK PEARLMAN –*Il bilancio* – McGraw-Hill, Milano, 2000.

Modalità di svolgimento dell'esame

Vengono effettuate due prove, una scritta ed una orale, per ogni sessione di esami. Gli studenti che intendono presentarsi alla prova scritta debbono iscriversi nella lista predisposta entro il 3° giorno feriale precedente. Alla prova scritta superata positivamente, segue prova orale.

Gli studenti possono sostenere più prove scritte all'interno di una stessa sessione o in sessioni successive, ma viene riconosciuto soltanto l'esito dell'ultima prova sostenuta (e non l'esito migliore).

ELABORAZIONE DI DATI E SEGNALI BIOMEDICI BS **CE, cds: lsb**

Docente: **Mauro Ursino**, prof. straord.

Finalità del corso:

Il corso si propone di fornire i principali strumenti teorici e pratici per l'acquisizione, l'elaborazione numerica e la classificazione di segnali con particolare riferimento alle problematiche di interesse medico-biologico. Il corso tratta i segnali mono-dimensionali sia di tipo deterministico che stocastico: vengono fornite le conoscenze di base per il progetto dei filtri numerici, la stima di parametri significativi di segnali e la valutazione dello spettro di potenza di un processo stocastico stazionario, i metodi tempo-frequenza o tempo-scala per l'analisi di processi non-stazionari, la classificazione dei segnali e il loro impiego diagnostico.

Programma del corso:

i) Principali caratteristiche dei segnali a tempo discreto. I segnali a tempo discreto. La conversione analogico-digitale. La trasformata tempo-discreto di Fourier e la trasformata Z. Caratteristiche dei sistemi lineari tempo invarianti nel caso discreto: i sistemi FIR e IIR e la loro implementazione. La serie tempo discreta di Fourier e sue relazioni con la trasformata discreta di Fourier. L'algoritmo della FFT. Le caratteristiche di alcuni importanti segnali biologici mono-dimensionali: ECG, EEG, elettromiogramma, grandezze emodinamiche (pressione, flusso, velocità ematica).

ii) Il progetto dei filtri numerici. Definizione delle specifiche del filtro. Caratteristiche dei filtri IIR: i filtri di Butterworth, Chebyshev e ellittici. Il progetto dei filtri IIR con il metodo dell'invarianza all'impulso e con la trasformazione bilineare. Caratteristiche dei filtri FIR e loro progetto con il metodo della finestratura. Cenni alle tecniche di progetto algoritmiche. Esercitazioni di filtraggio su segnali biologici: estrazione della componente a bassa frequenza da segnali di pressione intracranica; analisi dello spettro della frequenza cardiaca; analisi della misura pressoria con il metodo oscillografico.

iii) Variabili aleatorie, processi stocastici e stima di parametri. Richiami alle principali proprietà delle variabili aleatorie. La densità di probabilità congiunta e condizionata. La matrice di covarianza. Principali proprietà degli stimatori. La stima di parametri non aleatori: i minimi quadrati, lo stimatore di Markov, il criterio della massima verosimiglianza. La stima di parametri random: lo stimatore di Bayes. Esempi: cinetica del glucosio e/o dell'urea.

iv) I processi stocastici e gli spettri di potenza. Richiami sui processi stocastici: stazionarietà, ergodicità. Metodi classici per la valutazione dello spettro di potenza: il periodogramma e la stima spettrale di Blackman-Tukey. Metodi parametrici per la stima degli spettri: caratteristiche generali degli stimatori AR, MA e ARMA. Algoritmi per la stima autoregressiva: le equazioni di Yule-Walker. Valutazione di spettri di potenza su segnali di variabilità cardiovascolare e su elettromiogramma.

v) Processi non-stazionari - La localizzazione tempo-frequenza di un processo stocastico non-stazionario. La costanza del prodotto larghezza di banda- durata. La short-time Fourier transform e i suoi limiti. Introduzione alle wavelet e vantaggi nell'uso delle wavelet. La trasformata wavelet continua e la trasformata wavelet discreta. L'analisi multirisoluzione e l'approssimazione di un segnale in approssimazioni e dettagli. L'analisi multirisoluzione attraverso l'uso delle wavelet ortonormali. Valutazione dell'energia.

vi) Riconoscimento statistico di configurazioni - Inquadramento del problema. La regola di Bayes a minimo errore e a minimo rischio. I classificatori Gaussiani. Le principali trasformazioni di vettori aleatori: la trasformazione ortonormale e la ricerca delle componenti principali di un vettore aleatorio. Metodi per la stima delle densità di probabilità. Valutazione delle caratteristiche di un classificatore. Esempio di classificazione statistica di pazienti nelle unità di terapia intensiva.

Esercitazioni
il corso è integrato da esercitazioni in laboratorio con l'uso del pacchetto software MATLAB.

Testi suggeriti per eventuali approfondimenti:

C. MARCHESI, *Tecniche Numeriche per l'Analisi dei Segnali Biomedici*, Pitagora, Bologna, 1992.
E. DEL RE, *Elementi di elaborazione numeica dei segnali*, Pitagora Editrice, Bologna, 1997.
A. OPPENHEIM, R. SCHAFER., *Discrete-Time Signal Processing*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1989.
M. AKAY., *Biomedical Signal Processing*, Academic Press, San Diego, 1994.
E.R. CARSON, C. COBELLI, L. FINKELSTEIN., *The Mathematical Modelling of Metabolic and Endocrine Systems*, Wiley & Sons, NY, 1983.
S. M. KAY., *Modern Spectral Estimation*, Prentice-Hall, NJ, 1988.
K. FUKUNAGA., *Introduction to Statistical Pattern Recognition*, Academic Press, NY, 1972.
S. HAYKIN., *Neural Networks. A Comprehensive Foundation*, IEEE Press, Englewood Cliffs, NJ, 1994.

ELEMENTI DI DIRITTO COMMERCIALE LS **FO, cds: lsm**
Docente: **Anna Masutti** prof. ass.

Argomenti del corso:
1. L'IMPRENDITORE E LE SOCIETÀ
La nozione di imprenditore. Il piccolo imprenditore e l'imprenditore commerciale
La nozione di impresa nel diritto comunitario
Il contratto di società
I modelli societari e le società commerciali
Gli organi sociali
Le imprese multinazionali e le holding pubbliche

2. I CONTRATTI PER LA GESTIONE DELLE IMPRESE E PER LA NEGOZIAZIONE DEGLI AFFARI
La vendita
Contratti di distribuzione e *franchising*
L'appalto
Il mandato
Il contratto di agenzia e di mediazione
Il contratto di trasporto
Il contratto di logisitca

3. IL CONTRATTO DI ASSICURAZIONE

Imprese di assicurazione e contratto di assicurazione
Tipi di assicurazione
La disciplina comune ai vari tipi di assicurazione
L'assicurazione contro i danni
L'assicurazione della responsabilità civile.

4. LA REGOLAMENTAZIONE DEL MERCATO E DELLA CONCORRENZA
Cenni sui principali modelli di mercato: concorrenza perfetta, oligopolio e monopolio
Cenni ai monopoli naturali
L'intervento legislativo per la tutela degli equilibri concorrenziali: finalità della legislazione antitrust comunitaria e fattispecie da essa vietate
La tutela concorrenza nel diritto italiano: dalla disciplina codicistica della concorrenza sleale alla legge italiana antitrust
Le competenze dell'Autorità italiana antitrust in tema di pubblicità ingannevole e comparativa

Nel corso delle lezioni verranno ospitati vari rappresentanti del mondo imprenditoriale, già intervenuti nel corso dell'Anno Accademico 2002/2003. Maggiori informazioni in merito agli incontri tenuti ed ai temi trattati sono rinvenibili sul sito www.ingfo.unibo.it/Attiricerca/seminari.

Il corso sarà integrato dall'analisi di casi pratici che si svolgerà durante l'orario di lezione.

Le date e gli orari dei seminari saranno resi noti durante il corso.

La continuità nella partecipazione al corso ed ai seminari sarà verificata mediante la raccolta di firme nel registro delle presenze.

L'assidua frequenza al corso (pari al 50% delle lezioni) e ad almeno uno dei due seminari, specificamente dedicati all'approfondimento dei temi del corso, consentirà di portare in sede di esame un programma differenziato.

Libri di testo

Dispense del corso

Libri per approfondimento

Si consigliano:
F.GALGANO, Diritto commerciale, *L'imprenditore,* Bologna, Zanichelli, edizione 2000/2001.
F.GALGANO, Diritto commerciale, *Le società,* Bologna, Zanichelli, edizione 2000/2001.
F.GALGANO, *Lex mercatoria*, Bologna, Il Mulino, ed. 2001

ELETTRONICA L A **CE, cds: ltt, lte, lti, ltb**
Docente: **Enrico Sangiorgi**, prof.ord.

Finalità del corso:
Il corso si propone di illustrare i principi di funzionamento, i principali criteri di progetto, le prestazioni e le problematiche delle porte logiche e dei circuiti digitali, con particolare riferimento a quelli in tecnologia MOS.

Programma del corso:
Caratteristiche, prestazioni e fattori di merito delle famiglie logiche e dei circuiti digitali.
Principi di funzionamento, caratteristiche elettriche, modelli per grande e piccolo segnale dei

diodi a giunzione, dei transistori bipolari e dei transistori MOSFET.
Logiche MOS statiche: caratteristiche statiche e di commutazione delle logiche a rapporto.
Logiche CMOS statiche: Full CMOS, pseudo-nMOS, logiche a pass transistors.
Logiche CMOS dinamiche: caratteristiche generali e problemi dei circuiti dinamici. Stili di progettazione a precarica, Domino CMOS, np-CMOS.
Consumo di potenza nei circuiti digitali.

Capacità in uscita:
Comprendere il funzionamento ai terminali dei principali dispositivi elettronici.
Comprendere la terminologia e i parametri che descrivono i circuiti digitali.
Individuare le tecnologie e gli stili di progetto più idonei alla realizzazione di porte logiche e celle di libreria a partire da specifiche di velocità, consumo di potenza e di area, costo.
Analizzare le proprietà di circuiti e famiglie logiche ai fini dell'elaborazione di segnali digitali.
Progettare porte logiche elementari in diverse tecnologie e stili di progetto.
Utilizzare programmi per l'analisi e il progetto di circuiti elettronici per applicazioni digitali.

Testi e materiale didattico di supporto:

Per quanto riguarda l'impostazione generale degli argomenti, il libro più aderente ai contenuti del Corso è:
J.RABAEY, *Digital Integrated Circuits, A design Perspective*, Prentice Hall.
Il libro è corredato da un sito web (http://bwrc.eecs.berkeley.edu/Classes/IcBook/) molto ricco di materiale didattico, inclusi i file dei lucidi relativi a molti capitoli del libro. Dal mese di dicembre 2002 è disponibile la seconda edizione, che si consiglia vivamente.

Per quanto riguarda gli esercizi si consiglia:
E.FRANCHI e L.SELMI, *Esercizi di Esame di Elettronica Digitale,* Patron Editrice, Bologna.

Altri testi di utile consultazione per i Gate di tipo digitale, e disponibili in lingua italiana, sono:
P.U.CALZOLARI e G.MASETTI, *Elettronica dei sistemi digitali,* Pitagora Editrice, Bologna.
A. S. SEDRA, K.C. SMITH, *Circuiti per la microelettronica,* Edizioni Ingegneria 2000, Roma.

Per una trattazione dei dispositivi elettronici più estesa ed approfondita di quanto presentato nelle lezioni, si consigliano:
YANNIS TSIVIDIS, *Operation and Modeling of the MOS transistor,* McGraw Hill.
YUAN TAUR and TAK H.NING, *Fundamentals of Modern VLSI Devices,* Cambridge University Press.
R.S.MULLER, T.I.KAMINS, *Device electronics for Integrated circuits, SECOND EDITION*, Wiley (edito in italiano da Boringhieri)
G. BACCARANI, *Dispositivi MOS,* Patron Editrice, Bologna.

ELETTRONICA LB **CE, cds: ltt, lte, lti, ltb**
Docente: **Marco Tartagni**, ric.

Finalità del Corso:
L'insegnamento si propone di introdurre gli elementi di base per l'analisi dei circuiti elettronici ed è stato concepito per facilitare l'apprendimento in chiave induttiva della disciplina, basato

sull'analisi di un insieme di casi reali. Il corso è inoltre integrato da esercitazioni di laboratorio che hanno lo scopo di introdurre gli strumenti di base per l'analisi assistita al calcolatore dei circuiti.

Capacità in ingresso
- operare su numeri complessi e trasformate di Laplace e Fourier,
- saper risolvere equazioni differenziali del I ordine e di conoscere la struttura di alcune semplici equazioni differenziali del II ordine,
- avere conoscenza dei concetti base dei campi elettromagnetici e del principio di conservazione dell'energia,

saper risolvere circuiti elettrici lineari mediante le equazioni di Kirchoff nel dominio delle variabili reali e delle trasformate,
- avere conoscenza dei concetti base riguardanti la dissipazione di potenza dei circuiti elettrici,
- avere conoscenza dei concetti base riguardanti le funzioni di trasferimento e i diagrammi di Bode relativi alle ampiezze ed alle fasi,
- conoscere il comportamento qualitativo di alcuni dispositivi elettronici tra cui il diodo a semiconduttore ed il transistore a giunzione,
- saper operare con software dedicati su piattaforma Personal Computer.

Capacità in uscita
- saper analizzare circuiti lineari rappresentati da funzioni di trasferimento in forma canonica del I e II ordine,
- saper analizzare semplici circuiti elettronici non-lineari che impiegano dispositivi a semiconduttore come il diodo ed il transistore a giunzione sapendo determinare il punto di riposo e la relativa caratterizzazione ai piccoli segnali quali guadagno di tensione, corrente, potenza,
- conoscere alcune semplici configurazioni circuitali per il trattamento del segnale, costituite da dispositivi elettronici a semiconduttore,
- conoscere la struttura e le configurazioni circuitali classiche dell'amplificatore operazionale,
- saper operare con strumenti per la simulazione al calcolatore di circuiti elettronici come SPICE.

Programma del corso:
Teoria
1. Reti Lineari
Richiami sui numeri complessi e sul loro uso nella rappresentazione di grandezze sinusoidali, sui metodi trasformazionali di Fourier e di Laplace, sulla risposta di circuiti lineari a varie categorie di sollecitazioni, richiami sulla manipolazione di diagrammi di Bode.
Funzioni di trasferimento del primo e secondo ordine. Fattore di qualità, pulsazione naturale.
Funzioni del II ordine del tipo passa-basso. Consumo di potenza di circuiti lineari, guadagno di tensione, corrente, potenza.
2. Circuiti non-lineari
Diodo a semiconduttore e suoi modelli, approssimazione a soglia.
Circuiti analogici non lineari con diodi: raddrizzatori a semionda e a doppia semionda, limitatori.
Linearizzazione delle equazioni costitutive, introduzione al concetto di circuito ai "piccoli segnali".
Effetti reattivi del diodo a semiconduttore: capacità di giunzione e diffusione.
Transistore a giunzione (BJT): principi di funzionamento, teoria elementare del trasporto in base, modello di Ebers e Moll (EM) ed effetto "Early". Caratteristiche statiche. La regione di funzionamento del BJT "normale". Esempi di circuiti con transistori a giunzione operanti in regione

"normale", approssimazione a soglia. Introduzione al funzionamento del BJT operante in regione di "saturazione", "inversione" e "interdizione", esempi circuitali.
Transistore PNP: convenzioni e modello EM. Transistore connesso a diodo. Specchi e generatori di corrente.
Transistore di Darlington e transistore PNP composito.
Circuito equivalente "ai piccoli segnali" del transistore a giunzione in regione "normale" a due e tre parametri. Esempi circuitali con applicazione del circuito equivalente "ai piccoli segnali".
Connessioni elementari del BJT: EC, CC, BC, parametri caratteristici ai piccoli segnali.
Esercizi sull'analisi di circuiti amplificatori complessi mediante scomposizione in blocchi elementari. Coppia differenziale. Stadio differenziale a transconduttanza.
3. Amplificatori operazionali
Amplificatori operazionali (OPAMP), definizione e modello di OPAMP ideale.
Amplificatore invertente con OPAMP ideale: stato di riposo, guadagno; concetto di cortocircuito virtuale e cautele d'uso: esempio del circuito con tre stati di riposo.
Amplificatore non invertente, separatore, amplificatore differenziale con OPAMPA. Amplificatori con OPAMP e componenti reattivi: relazioni differenziali fra Vu e Vi; caso dell'integratore.
Esercizi relativi a OPAMP ed elementi non-lineari.
Cenni sulla retroazione e la stabilità.

Laboratorio
4. Simulazione dei circuiti
Analisi dei circuiti con SPICE, modelli relativi al diodo ed al BJT.

Modalità di svolgimento dell'esame

Per il superamento dell'esame è necessario sostenere con esito positivo una prova scritta; gli studenti in corso potranno avvantaggiarsi di due prove parziali effettuate durante il calendario delle lezioni.

Testi e materiale didattico di supporto

Raccolta di esercizi svolti negli anni precedenti, a cura del docente.
A. SEDRA, K. SMITH: *Microelectronic circuits*, Oxford University press, 1997.
J. MILLMAN, A. GRABEL: *Microelettronica*, McGraw-Hill, 1994.
P.U. CALZOLARI, S. GRAFFI: *Elementi di Elettronica*, Zanichelli, 1984.
S. CALLEGARI, *Elettronica Analogica di Base*, Pitagora Editrice 2000

ELETTRONICA L C **CE, cds: Ite,**
Docente: **Nicolò Speciale**, ric.

Finalità del corso:

Analisi e progetto dei blocchi circuitali analogici integrati fondamentali.

Programma del corso:

Dispositivi elettronici integrati: generalità sui semiconduttori, modello matematico dei dispositivi, giunzione pn in equilibrio e fuori equilibrio, calcolo della relazione statica corrente-tensione, effetti reattivi in polarizzazione diretta ed inversa; il transistore MOS, calcolo delle caratteri-

stiche statiche di corrente, effetti reattivi; modelli dei dispositivi, utilizzo di un simulatore di tipo SPICE.

Schemi di base di specchi di corrente ed amplificatori a singolo stadio: specchio di corrente elementare, stadi a source/drain/gate comune, specchi di corrente cascode e di Wilson, stadio amplificatore di tipo cascode, stadio differenziale; analisi in frequenza di alcuni stadi fondamentali.

Cenni sul rumore nei dispositivi e circuiti elettronici: analisi e modellistica, esempi di analisi di rumore.

Schemi di base di amplificatori operazionali e generalità sulla compensazione: analisi dell'opamp a due stadi, tecniche di compensazione, compensazione indipendente da variazioni del processo e dalla temperatura, esempi.

Schemi di specchi di corrente ed operazionali avanzati: specchi di corrente ad ampio "swing" ed alta resistenza d'uscita, opamp di tipo "folded-cascode", opamp completamente differenziali, circuiti di stabilizzazione della tensione di modo comune d'uscita, opamp con retroazione in corrente.

Comparatori: generalità e schemi di base.

Testo Consigliato

D, JOHNS, K. MARTIN, *Analog Integrated Circui Design*, New York: Wiley, 1997 T.

ELETTRONICA L D **CE, cds: lte,**

Docente: **Giovanni Fedecostante**, ric.

Finalità del corso:

Il corso tende ad illustrare le tematiche relative alla progettazione di Circuiti Integrati CMOS ad Alta Densità di Integrazione (VLSI) illustrandone tutti gli aspetti a partire da quello tecnologico/progettuale per finire con quello del testing e della D.F.T. (Design For Testability). Nelle esercitazioni si approfondiranno e si applicheranno le cognizioni teoriche affrontando la progettazione logica di circuiti fondamentali in tecnologia Cmos.

Capacità in ingresso

Per affrontare correttamente il corso, si ritiene indispensabile che lo studente abbia acquisito:

- la capacità di operare con logica binaria;
- progettare con circuiti logici base (And / Or / Not).

Capacità in uscita

Al termine del corso, lo studente dovrebbe aver sviluppato:

- la capacità di implementare circuiti logici con strutture Cmos standard e non standard tipiche per circuiti VLSI;
- la capacità di valutare e tener conto degli aspetti di qualità e testabilità durante la fase di progettazione;
- la capacità di scegliere la tipologia di componenti più opportuna.

Programma del corso:

Teoria

Cap. 1 - Progettazione VLSI

Flusso di progettazione di circuiti integrati

Progettazione strutturata
Flussi di segnale

Cap. 2 - Tecnologia CMOS
Il transistore MOS (richiami)
Parametri parassiti
Tecnologia di fabbricazione

Cap. 3 - Logica in tecnica CMOS
Porte standard (INV / NAND / NOR / etc.)
Elementi di memoria (Latch / FF)
Mux / Exor
Logica statica
Logica precaricata
Charge sharing
Strategie di clock
Dimensionamento porte logiche

Cap. 4 - Testing - Definizioni
Modello di guasto Stuck-At
Qualità ed Affidabilità
Latch_up / ESD
Design for Testability (DFT)
Principali tecniche
JTAG

Cap. 5 - Tools di progettazione - Famiglie di dispositivi
Full Custom
Semicustom (Standard Cell)
Gate Array / Sea of Gate
Logiche programmabili (PLD/CPLD/FPGA)
CAD Tools per progettazione standard
Schematic entry
Digital and Analog simulators
Analog simulator
Layout
EDA Tools per progettazione automatica
Symbolic Layout
Automatic Place & Route
Linguaggi ad alto livello (VHDL/VerilogHDL)
Sintetizzatori ed ottimizzatori logici

Laboratorio
Non è previsto l'uso di strumenti di laboratorio.

Modalità svolgimento esame
Le modalità di svolgimento dell'esame sono comunicate dal docente durante il corso.

Testi e materiale didattico di supporto

Fotocopie lucidi fornite dal docente
BROFFERIO, DANIELE: *Cmos-Circuiti e Sistemi Digitali a Grande Integrazione*, CLUP, Milano.
WASTE: *Principles of Cmos Vlsi Design*, Addison-Wesley VLSI System Series.
MEAD, CONWAY: *Introduction to Vlsi Systems*, Addison-Wesley Computer Science Series.

ELETTROTECNICA L **FO, cds: lta,ltm**
Docente: **Paolo Raffaele Ghigi** prof. ord.

Programma del corso:
- Componenti circuitali e collegamenti: componenti fisici e reali e schemi matematici (modelli), potenza ed energia, convenzioni nell'utilizzo dell'utilizzatore e del generatore, circuiti di soli bipoli resistivi e generatori dipendenti
- Analisi circuitale: equazioni dipendenti e indipendenti, numero delle equazioni indipendenti, metodi per la scrittura delle equazioni: metodo di riferimento (Tableau), metodo dei nodi.
- Componenti generatori dipendenti: revisione dei metodi di scrittura dele equazioni dei circuiti in presenza di generatori dipendenti.
- Relazioni o teoremi: di Tellegen, di sostituzione, di sovrapposizione, di Thevenin, di Norton, di reciprocità.
- Studio dei circuiti in condizioni di regime sinosoidale impendenze simboliche, estensione ai circuiti di impendenze di tutti i risultati conseguiti nello studio dei circuiti di resistori, analisi delle potenze a regime sinosoidale: potenza istantanea, istantanea attiva e istantanea reattiva, potenza attiva e potenza reattiva Additività delle potenze, potenza complessa, espressioni delle varie potenze e relazioni tra esse. Risonanza e antisonanze.
- Principi di funzionamento delle macchine elettriche. I materiali usati nelle macchine elettriche; i fenomeni dissipativi presenti nelle macchine elettriche
- Principio di funzionamento del trasformatore ideale. Equazioni del trasformatore. Condizioni di funzionamento a vuoto, a carico, in corto circuito.
- Conversione elettromeccanica dell'energia.
- Macchine in corrente continua. Funzionamento come motore. Il collettore. Equazioni della macchina in continua nel funzionamento come motore. Forza elettromotrice nell'avvolgimento di indotto. Coppia elettromeccanica. Caratteristiche meccaniche. La macchina in continua nel funzionamento come generatore, sue equazioni e caratteristiche esterne.
- Campo magnetico rotante.
- Macchina sincrona. Principi di funzionamento. Equazioni.Caratteristiche esterne in elettromeccanica
- Macchina asincrona. Principi di funzionamento. Equazioni. Circuito equivalente.

Modalità di svolgimento dell'esame:
L'esame consiste in una prova scritta, seguita da una interrogazione. Durante il corso si svolge una prova d'esame parziale che viene completata, al termine delle lezioni, da una prova finale.

ELETTROTECNICA L A **CE, cds: ltt, lte, lti, ltb**

Docente: **Paolo Raffaele Ghigi** prof. ord.

Programma del corso:

- Approssimazione di quasi stazionarietà. Leggi di Krichoff e circuiti di Kirchoff.
- Componenti e collegamenti.
- Componenti fisici reali e matematici.
- Potenza ed energia. Convenzioni nell'utilizzo del generatore.
- Circuiti di soli bipoli resistivi egeneratori indipendenti.
- Equazioni dipendenti e indipendenti. Numero delle equazioni indipendenti.
- Metodi per la scrittura delle quazioni: metodo di riferimento (Tableau).
- Metodo dei nodi.
- Metodo delle maglie. Cenni ad altri metodi.
- Componenti generatori dipendenti: revisione dei metodi di scrittura delle equazioni dei circuiti in presenza di generatori dipendenti.
- Relazioni o teoremi: di unicità, di Tellgen, di sostituzione, di sovrapposizione, di Thevenin, di norton, di reciprocità.
- Circuiti con bipoli resistivi e un solo induttore o un solo condensatore.
- Studio dei circuiti in condizione di regime sinusoidale.
- Impendenze simboliche.
- Estenzione ai circuiti di impendenze di tutti i risultati conseguiti nello studio dei circuiti di resistori.
- Analisi delle potenze in regime sinusoidale: potenza istantanea, istantanea attiva e istantanea reattiva, potenza attiva e potenza reattiva. Additività delle potenze Potenza complessa. Espressioni delle varie potenze e relazioni tra esse.
- Cenno alla costituzione di un sistema elettrico di potenza. Sistemi trifase.
- Sistemi trifase con o senza neutro. Sistemi simmetrici e non. Carichi a triangolo e a stella. Carichi equilibrati e non.
- Vari metodi per il calcolo dei sistemi trifase. Calcolo delle potenze attiva e reattiva.
- Cenno alla costituzione dgli impianti elettrici: linne elettriche, cadute di tensione, rifasamento, apparecchiature di comando, di manovra e di misura; protezione e sicurezza.
- Multipoli reistivi. Quadripoli e doppi bipoli. Matrici rappresentative e rispettive relazioni. Generatori dipendenti.
- Comportamento dei componenti al variare della frequenza. Risonanza in serie e risonanze parallele.
- Regimi mulktifrequenziali di circuiti lineari.
- Transistori del primo ordine.
- Circuiti con più componenti induttori o comdensatori.
- Transistori di secondo ordine e superiore.
- Revisioni dei metodi di scrittura delle equazionidei circuiti in presenza dei componenti L e C.
- Sostituzione dei transistori per via differenziale.
- Componente transistoria e componente di regime.
- Fenomeni impulsivi: gradino di carica e impulso di corrente; gradino di flusso e impulso di tensione.
- Metodo delle variabili di stato.
- Soluzione dei transistori con la trasformale di Laplace.
- Risposta con ingresso zero e risposta nello stato zero.
- Trasformale dell'impulso e del gradino.relazione tra impulso e gradino tra le rispettive trasformate.

- Impendenze generalizzate.
- Generalizzazione ai crcuiti di impendenze generalizzate di tutti i risultati conseguiti nello studio dei circuiti di resistori.
- Stabilità in senso stretto, stabilità semplice e instabilità.
- Quadro comparativo tra alcuni metodi trasformazionali ampiamente usati nello studio dei circuiti.
- Metodo simbolico (o di Steinmertz), Fourier serie, Fourier integrale, Laplace.
- Cenno ai circuiti magnetici; analogie tra circuiti eletrici e circuiti magnetici.

Modalità di svolgimento dll'esame:

L'esame consiste in una prova scritta, seguita, se necessario, da una interrogazione orale.

Durante il corso si svolge almeno una prova d'esame parziale, che viene completata, al termine delle lezioni, da una prova finale.

Testi consigliati

GHIGI P., *Lezioni di Elettrotecnica*, UTET, Torino, 2001.

FISICA GENERALE LA **CE, cds: ltt, lte, lti, ltb**

Docente: **Antonio Vitale** prof. ord.

Finalità del corso:

Maturazione di concetti basilari della Fisica Generale (con particolare riguardo alla Meccanica del punto) e loro trattazione col linguaggio dell'analisi matematica, del calcolo vettoriale e integrale. Acquisizione della metodologia scientifico - tecnica necessaria per affrontare in termini quantitativi i problemi di fisica.

Programma del corso:

Elementi di calcolo vettoriale

Cinematica.- Punto materiale e sistemi di riferimento. Vettore di posizione, velocità, e accelerazione. Moti rettilinei vari. Moto circolare uniforme. Moto armonico semplice e smorzato. Applicazioni alla cinematica dei sistemi di punti materiali: la formula fondamentale della cinematica del corpo rigido. Velocità angolare. Cinematica dei moti relativi: trasformazione di spostamenti, velocità e accelerazioni.

Dinamica.- Forze e reazioni vincolari, misura statica di una forza. Cenni di statica (equazioni cardinali, baricentro) e sui fenomeni di attrito.

Primo e secondo principio della dinamica. Massa inerziale. Impulso e quantità di moto. Legge di Newton sulla gravitazione universale. Il problema fondamentale della dinamica. Sistemi isolati. Il terzo principio della dinamica. Applicazioni alla dinamica dei sistemi di punti materiali: conservazione della quantità di moto e del momento della quantità di moto. Problemi d'urto. Le equazioni cardinali della dinamica. Centro di massa e sue proprietà. Momenti d'inerzia. Teorema di Huygens-Steiner. Inerzia di rotazione.

Lavoro ed energia.- Lavoro di una forza e di sistemi di forze. Il teorema delle forze vive. Il Teorema di Koenig. Proprietà dell'energia cinetica. Lavoro compiuto dalla forza peso. Forze posizionali e conservative. Condizioni perché un campo di forza sia conservativo. Potenziali ed energie potenziali. Conservazione dell'energia meccanica. I diversi tipi di equilibrio.

Ulteriori informazioni

L'insegnamento presuppone acquisiti da parte dello studente gli elementi basilari della trigonometria, della geometria elementare e dell'analisi matematica (quali i processi di derivazione, di integrazione e di limite di funzioni di una o più variabili).

Una parte delle lezioni è dedicata alla discussione di quesiti e esercizi di meccanica.

L'esame consiste in una prova scritta e in una successiva prova orale.

Testi consigliati

A. BERTIN, M. POLI, A. VITALE, *Fondamenti di Meccanica*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

A. BERTIN. S. DE CASTRO, N. SEMPRINI CESARI, A. VITALE, A. ZOCCOLI, *Problemi d'esame di Fisica Generale*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

FISICA GENERALE LA **FO, cds: lta,ltm**

Docente: **Domenico Galli** prof. ass.

Programma del corso:

A. Meccanica

Vettori. Vettori, versori e componenti dei vettori. Operazioni sui vettori e loro propietà: somma di due vettori, differenza di due vettori, prodotto tra uno scalare e un vettore, prodotto scalare tra due vettori, quadrato di un vettore, prodotto vettoriale tra due vettori, doppio prodotto misto. Rappresentazione cartesiana dei vettori. Operazioni sui vettori nella rappresentazione cartesiana. Derivata di un punto e di un vettore, integrale di un vettore.

Cinematica. Sistemi di riferimento e terne cartesiane di riferimento. Principio di relatività ristretta. Misura del tempo e della lunghezza. Versori tangente, normale e binormale a una traiettoria. Descrizione intrinseca e descrizione cartesiana del moto. Espressione intrinseca, cartesiana e polare cilindrica della velocità. Velocità areolare. Espressione intrinseca, cartesiana e polare cilindrica dell'accelerazione. Vincoli e gradi di libertà. Cinematica dei corpi rigidi. Formule di Poisson. Formula fondamentale della cinematica dei corpi rigidi. Moto traslatorio, moto rotatorio, rotolamento puro, velocità angolare. Cambiamento di sistema di riferimento. Trasformazioni di Galilei. Trasformazione della velocità e dell'accelerazione.

Vettori applicati. Momento polare di un vettore rispetto a un punto. Momento assiale di un vettore rispetto a una retta. Risultante e momento risultante. Insiemi equivalenti di vettori applicati. Coppie di vettori.

Statica. Misura statica delle forze.Forze interne e forze esterne. Equazioni cardinali della statica. Baricentro. Vincoli e forze vincolari. Attrito fra corpi solidi. Attrito statico e dinamico. Attrito radente e volvente.

Dinamica del punto materiale. Sistemi di riferimento inerziali. Primo principio della dinamica. Secondo principio della dinamica. Massa e densità. Misura dinamica delle forze. Massa e forza peso. Quantità di moto e impulso. Teorema dell'impulso. Leggi di Keplero e legge di gravitazione universale di Newton. Esperimento di Cavendish. Massa inerziale e massa gravitazionale.

Problema fondamentale della dinamica del punto materiale. Formulazione del problema fondamentale della dinamica del punto materiale. Forza costante. Caduta libera di un grave nel vuoto. Moto di un proiettile nel vuoto. Moto di un corpo in un fluido viscoso: flusso laminare e turbolento, numero di Reynolds, coefficiente di penetrazione. Moto in presenza di resistenza viscosa e resistenza idraulica. Caduta di un grave in presenza di resistenza viscosa e resistenza idraulica. Oscillatore armonico, oscillatore armonico smorzato, oscillatore armonico forzato, risonanza. Piccole oscillazioni del pendolo semplice.

Soluzione numerica del problema fondamentale della dinamica. Soluzioni analitiche e soluzioni numeriche. Cenni sui metodi di Eulero-Cauchy e di Runge-Kutta del II ordine. Interpretazione grafica dei metodi di Eulero-Cauchy e di Runge-Kutta del II e del IV ordine. Implementazioni degli algoritmi Di Eulero-Cauchy e di Runge-Kutta del II e del IV ordine nei linguaggi C e Java. Moto in presenza di resistenza viscosa e resistenza idraulica. Caduta di un grave in presenza di resistenza viscosa e resistenza idraulica. Oscillatore armonico, oscillatore smorzato, oscillatore forzato, interferenza tra soluzione transitoria e soluzione stazionaria, battimenti transitori. Pendolo semplice: moto di librazione armonico, moto di librazione non armonico, moto di rotazione non uniforme.

Forze inerziali. Sistemi di riferimento in moto traslatorio accelerato e in moto rotatorio rispetto alle stelle fisse. Forza di trascinamento, forza centrifuga e forza di Coriolis. Dipendenza della forza peso dalla latitudine. Deviazione verso oriente dei gravi in caduta libera. Deviazione dei gravi in moto sulla superficie terrestre, pendolo di Foucault.

Dinamica dei sistemi. Terzo principio della dinamica. Forze interne e forze esterne. Sistemi isolati. Equazioni cardinali della dinamica. Principi di conservazione della quantità di moto e del momento angolare. Applicazione ai moti dei pianeti. Centro di massa e baricentro. Momento angolare dei corpi rigidi (soltanto nei casi particolari di un corpo rotante attorno a un asse fisso e di un corpo che rototrasla mantenendo l'asse di rotazione parallelo a se stesso). Momento di inerzia, teorema di Huygens-Steiner.

Lavoro ed energia. Lavoro. Teorema delle forze vive. Energia cinetica. Teorema di König. Il lavoro della forza peso. Operatori differenziali: gradiente, divergenza e rotore. Campi di forza. Campi di forza conservativi e loro proprietà. Potenziale ed energia potenziale. Principio di conservazione dell'energia meccanica.

Urti. Forze d'urto. Urti collineari tra due punti materiali. Coefficiente di restituzione. Urti elastici e anelastici. Conservazione di energia, quantità di moto e momento angolare negli urti, anche in presenza di vincoli.

B. Termodinamica

Sistemi termodinamici e loro proprietà termiche. Forze dissipative. Moti molecolari nei solidi e nei gas. Significato microscopico delle coordinate termodinamiche. Reversibilità meccanica microscopica e irreversibilità termodinamica macroscopica. Espansione libera e compressione spontanea: tempo di Poincaré. Stati di aggregazione della materia. Equilibrio termico ed equilibrio termodinamico. Temperatura e sua misura. Il principio zero della termodinamica. Termometri e scale termometriche. Temperatura del termometro a gas perfetto. La scala di temperatura internazionale. Trasformazioni termodinamiche. Trasformazioni quasi-statiche. L'equazione di stato dei gas perfetti. Trasformazioni isoterme di fluidi reali. Cambiamenti di stato di aggregazione. Pressione di vapor saturo. Ebollizione. Trasformazioni isoterme di fluidi reali. L'equazione di stato di Van der Waals. Covolume e costante della pressione interna.

Primo principio della termodinamica. Primo principio e moti molecolari. Il lavoro nelle trasformazioni quasi statiche di un fluido. Il lavoro nelle trasformazioni adiabatiche. Il primo principio della termodinamica. Energia interna. Quantità di calore. Espressione matematica del primo principio della termodinamica. Capacità termiche, calori molari e calori specifici. Calori molari dei gas monoatomici e biatomici. Calori latenti. Lavoro tecnico ed entalpia. Proprietà dei gas perfetti (energia interna, entalpia, calori molari). Trasformazioni adiabatiche quasi-statiche di un gas perfetto, formule di Poisson.

Secondo principio della termodinamica. Trasformazioni reversibili e irreversibili. Reversibilità e quasi-staticità. Macchine termiche, rendimento. Ciclo di Carnot per un gas perfetto. Macchine frigorifere, coefficiente di prestazione. Il secondo principio della termodinamica negli enunciati di Kelvin-Planck e di Clausius. Equivalenza dei due enunciati. Impossibilità del moto perpetuo di prima e seconda specie. Il teorema di Carnot e la sua espressione matematica. Temperatura termodinamica assoluta. Teorema di Clausius. Entropia. Legge dell'accrescimento dell'entropia. Calcolo della variazione dell'entropia (di sistema, ambiente e universo) nelle trasformazioni reversibili, nell'espansione libera adiabatica e nel raggiungimento dell'equilibrio termico tra due sistemi a contatto. Equazione dell'energia interna. Equazione dell'entalpia. Equazioni del TdS. Potenziali termodinamici di Helmholtz e di Gibbs e loro proprietà.

Per approfondimenti e materiale didattico consultare il sito: http://www.bo.infn.it/~galli

FISICA GENERALE LB **CE, cds: ltt, lte, lti, ltb**
Docente: **Antonio Vitale** prof. ord

Finalità del corso:
Maturazione di concetti basilari della Fisica Generale (con particolare riguardo ai Principi della Termodinamica ed alle leggi dell'elettromagnetismo nel vuoto) e loro trattazione col linguaggio dell'analisi matematica, del calcolo vettoriale e integrale. Acquisizione della metodologia scientifico - tecnica necessaria per affrontare in termini quantitativi i problemi di fisica.

Programma del corso:
Programma di Termodinamica
Sistemi termodinamici e loro trasformazioni.- Il Principio zero della termodinamica. Temperatura e termometri. Trasformazioni termodinamiche e cambiamenti di stato.
Il primo principio della termodinamica.- Lavoro adiabatico, energia interna e primo principio della termodinamica. Quantità di calore e conservazione dell'energia in senso generalizzato. Capacità termica, calori molari, specifici e latenti. I gas perfetti: energia interna, equazioni di Poisson.
Il secondo principio della termodinamica.- Reversibilità e irreversibilità. Macchine termiche cicliche e loro rendimento. Il secondo principio della termodinamica. Ciclo e Teorema di Carnot. Scala termodinamica assoluta delle temperature. Teorema di Clausius e funzione di stato Entropia. Legge di accrescimento dell'entropia.

Programma di Elettromagnetismo
Elettricità.- Legge di Coulomb, campo e potenziale elettrico, legge di Gauss per il campo elettrico. Teorema della divergenza e teorema di Stokes. Cariche soggette a campi elettrici. Capacità. Resistenza e corrente elettrica. Equazione di continuità della corrente elettrica. Aspetti energetici

dell'elettricità statica e dinamica.
Magnetismo.- Forze magnetiche e loro proprietà. Prima e seconda equazione di Laplace. Legge di Gauss per il campo magnetico. Legge di Ampère-Maxwell. Legge di Faraday-Lenz. Densità di energia associata al campo magnetico.
Elettromagnetismo.- Le equazioni di Maxwell. Cenni sulle onde elettromagnetiche e sugli aspetti energetici del campo elettromagnetico. Il vettore di Poynting.

Ulteriori informazioni

L'insegnamento presuppone familiarità con gli elementi basilari della trigonometria, della geometria elementare, dell'analisi matematica e dell'algebra vettoriale, nonché tematiche e concetti fisici già acquisiti in un corso universitario di Meccanica.

Una parte delle lezioni è dedicata alla discussione di quesiti e esercizi di termodinamica e di elettromagnetismo. L'esame consiste in una prova scritta e in una successiva prova orale.

Testi consigliati

A. BERTIN, M. POLI, A. VITALE, *Fondamenti di termodinamica*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

A. BERTIN. S. DE CASTRO, N. SEMPRINI CESARI, A. VITALE, A. ZOCCOLI, *Problemi d'esame di Fisica Generale*, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

FISICA GENERALE LB **FO, cds: lta, ltm**

Docente: **Domenico Galli** prof. ass.

Programma del corso:

A. Elettrostatica

Elettrostatica. Le 4 forze fondamentali della natura: forza gravitazionale, interazione nucleare debole, forza elettromagnetica, interazione nucleare forte. Particelle costituenti della materia: quark e leptoni. Particelle mediatrici delle interazioni: bosoni. Triboelettricità, lampi e fulmini. Legge di Coulomb. Principio di sovrapposizione. Distribuzioni continue di carica elettrica. Il campo elettrico. Rappresentazione del campo elettrico mediante linee di flusso. Flusso del campo elettrico. Legge di Gauss per il campo elettrico. Divergenza di un campo vettoriale. Teorema di Gauss (o teorema della divergenza). Forma locale della legge di Gauss per il campo elettico. Potenziale elettrostatico.

Conduttori. Dielettrici e conduttori. Distribuzione della carica, campo elettrico e potenziale all'interno dei conduttori. Induzione elettrostatica. Campo elettrico sulla superficie dei conduttori. Campo elettrico nella cavità di un conduttore, schermo elettrostatico, gabbia di Faraday. Induzione completa. Significato della messa a terra. Potenziale di una sfera conduttrice carica. Il potere delle punte. Capacità di un conduttore. Condensatore sferico e condensatore piano. Capacità di un condensatore. Condensatori collegati in serie e in parallelo.

Problema generale dell'elettrostatica. Energia elettrostatica di un sistema di cariche elettriche. Dipolo elettrico. Energia accumulata in un condensatore carico. Densità di energia associata al campo elettrico. Localizzazione dell'energia elettrostatica. Località del principio di conservazione dell'energia. Equazioni di Poisson e di Laplace. Il problema generale dell'elettrostatica.

Corrente elettrica. Corrente elettrica, modello di Drude-Lorentz, velocità di deriva e velocità termica degli elettroni di conduzione. Intensità di corrente e densità di corrente. Legge di Ohm in forma locale e integrale, resistenza, conduttanza, resistività e conduttività. Resistori. Resistori collegati in serie e in parallelo. Potenza dissipata, legge di Joule. Superconduttori. Generatori elettrici. Natura non elettrica e non conservativa delle forze agenti sulle cariche in un generatore. Il generatore di Van der Graaf. Circuiti in corrente continua. Elettrodotti: utilizzo dell'alta tensione per ridurre la dissipazione. Transitori in un circuito RC: processo di carica e scarica di un condensatore.

B. Elettrodinamica

Forza magnetica. L'interazione tra due cariche puntiformi in movimento, legge di Ampère-Biot-Savart. Forza magnetica e sue caratteristiche: natura non centrale, inabilità a compiere lavoro, violazione del principio di azione e reazione, quantità di moto trasportata dal campo. Distribuzioni continue di carica in movimento. Conservazione locale della carica elettrica, equazione di continuità in forma locale e integrale. Il campo magnetico, forza di Lorentz, forza magnetica agente su di una distribuzione continua di carica in moto, campo magnetico generato da una distribuzione continua di carica in moto. Circuiti filiformi, prima e seconda formula di Laplace, legge di Biot e Savart, campo magnetico generato da una spira circolare e da un solenoide. Forza tra due fili rettilinei paralleli percorsi da corrente, definizione dell'Ampère.

Le equazioni del campo magnetico. Tubi di flusso. Flusso del campo magnetico. Legge di Gauss per il campo magnetico in forma integrale e locale. Assenza della carica magnetica. Circuitazione del campo magnetico. Legge di Ampère-Maxwell in forma integrale e locale, corrente di spostamento. Legge di Ampère-Maxwell e conservazione della carica elettrica. Calcolo di campi magnetici con la legge di Ampère-Maxwell: filo elettrico rettilineo indefinito, solenoide.

Induzione elettromagnetica. Il principio di relatività. Forza esercitata da un filo neutro percorso da corrente su di una carica elettrica puntiforme, vista nei sistemi di riferimento dell'osservatore solidale al filo e dell'osservatore solidale alla carica. Contrazione delle lunghezze. Campi elettrici a flusso nullo e circuitazione diversa da zero. Circuitazione del campo elettrico. Legge di Faraday-Lenz in forma integrale e locale. Campo elettrico indotto, forza elettromotrice e corrente indotta. Le equazioni di Maxwell.

Circuiti elettrici. Autoinduzione. Induttanza di un solenoide. Energia accumulata in un induttore percorso da corrente. Densità di energia associata al campo magnetico. Mutua induzione. Trasformatori. Valore medio e valore quadratico medio (valore efficace). Corrente alternata. Formula di Galileo Ferraris. Elementi di circuito: resistori, condensatori, induttori e generatori di tensione. Reti elettriche, maglie, nodi e rami. Le leggi di Kirchhoff e la regola di Maxwell. Transitori in un circuito RL. Extracorrente di apertura. Circuito oscillante RLC-serie, analogie con l'oscillatore meccanico smorzato. La notazione complessa. Stato stazionario di un circuito RLC-serie sottoposta a forza elettromotrice alternata. Impedenza, resistenza, reattanza, ammettenza, conduttanza esuscettanza.

C. Ottica

Onde elettromagnetiche. Densità del flusso di energia, vettore di Poynting. Conservazione dell'energia e teorema di Poynting. Onde elettromagnetiche, equazione di d'Alambert. Soluzione dell'equazione di d'Alambert: onde piane progressive e regressive, onde sferiche divergenti e convergenti. Onde monocromatiche: periodo e lunghezza d'onda, frequenza angolare, numero d'onda e vettore d'onda, indice di rifrazione. Luce policromatica e luce bianca: spettro di ampiez-

za e spettro di fase. Analisi spettrale. Spettro della luce solare, di una lampada a incandescenza e di una lampada fluorescente. Sintesi additiva e sottrattiva dei colori, spettro dei colori fondamentali.

Lo spettro delle onde elettromagnetiche. Onde radio. Antenne. Diffrazione. Propagazione delle onde radio oltre gli ostacoli. Microonde. Klystron e magnetron. Il forno a microonde. Radiazione infrarossa. Radiazione visibile. Sorgenti di luce visibile. Lampade a incandescenza e lampade a scarica. Tubi fluorescenti. Diffrazione: lunghezza d'onda utilizzata per leggere CD e DVD. Radiazione ultravioletta. Dipendenza dell'energia dei quanti elettromagnetici dalla frequenza. Capacità ionizzante delle onde em di alta frequenza. Raggi X. Raggi gamma.

Polarizzazione delle onde elettromagnetiche. Trasversalità delle onde em. Relazione tra campo elettrico e campo magnetico in un'onda em. Polarizzazione lineare, circolare ed ellittica. Polarizzazione destrorsa e sinistrorsa. Onde em non polarizzate e parzialmete polarizzate. Metodi di polarizzazione delle onde em: emissione selettiva, assorbimento selettivo, diffusione singola e riflessione. Polarizzatore perfetto, legge di Malus. Angolo di Brewster. Lamine di ritardo. Intensità luminosa. Matrice di coerenza e grado di polarizzazione. Applicazioni: occhiali antiriflesso e cristalli liquidi.

Ottica geometrica. Diffrazione e approssimazione dell'ottica geometrica: angolo di allargamento di un fascio di luce dovuto alla diffrazione. Fenomeni di diffrazione di Fresnel. Il raggio luminoso. Riflessione, rifrazione e legge di Snell. Principio di Huygens-Fresnel e formulazione matematica di Kirchhoff. Derivazione delle leggi della riflessione e della rifrazione dal principio di Huygens-Fresnel. Specchio piano. Prisma. Diottro sferico. Approssimazione di Gauss. Equazione del diottro. Ingrandimento lineare trasversale e ingrandimento angolare. Punti coniugati e fuochi. Specchio sferico. Equazione dello specchio sferico. Sistemi ottici centrati, lente semplice e lente sottile. Equazione della lente. Aberrazioni: aberrazione sferica, coma, astigmatismo dei fasci inclinati, curvatura di campo, distorsione, aberrazione cromatica. Macchina fotografica: luminosità e apertura relativa dell'obbiettivo, diaframma e otturatore, profondità di campo. L'occhio, accomodazione, modello ridotto dell'occhio.

Interferenza. L'esperimento di Young. Fallimento dell'ipotesi corpuscolare della luce e spiegazione ondulatoria. Massimi e minimi di interferenza. Condizioni per l'interferenza. Coerenza. Interfereometri a divisione di ampiezza e a divisione del fronte d'onda. Lunghezza di coerenza. Specchi di Fresnel, biprisma di Fresnel, interferometro di Rayleigh, cammino ottico, misura dell'indice di rifrazione di un gas, interferenza da lamine sottili, interferometro di Michelson.

Per approfondimenti e materiale didattico.
Consultare il sito: http://www.bo.infn.it/~galli

FISICA TECNICA L **FO, cds: ltm**
Docente: **Giampietro Fabbri,** prof. ass.

Finalità del corso:
Il corso si propone di fornire le nozioni di base sulle proprietà e le trasformazioni dei sistemi termodinamici con particolare attenzione ai problemi che interessano l'Ingegneria Meccanica.

Programma del corso:
Concetti fondamentali della Termodinamica: Grandezze fisiche e unità di misura - Sistemi chiusi e sistemi aperti - Forme dell'energia - Equilibrio e trasformazioni - Reversibilità - Cicli termodinamici - Pressione, Volume e Temperatura - Diagrammi termodinamici
Scambi di energia e Trasformazioni: Principio zero - Energia interna - Calore - Lavoro - Primo principio per sistemi chiusi e aperti - Serbatoi di energia termica - Trasformazioni reversibili e irreversibili - Cicli termodinamici - Secondo principio - Teorema di Carnot - Temperatura termodinamica - Entropia - Scambiatori di calore.
Proprietà delle sostanze pure e delle miscele: Sostanze pure - Fasi - Cambiamenti di fase - Diagrammi di stato per trasformazioni con cambiamento di fase - Superficie (p,v,T) - Proprietà termodinamiche dei liquidi, dei vapori, dei gas perfetti e reali, delle miscele di gas.

Cicli diretti e inversi: Ciclo di Carnot - Cicli ad aria standard - Ciclo Otto - Ciclo Diesel - Ciclo Brayton - Rigenerazione - Cicli a vapore - Ciclo Rankine - Risurriscaldamento - Cicli inversi - Frigoriferi e pompe di calore - Proprietà dei refrigeranti.
Condizionamento dell'aria: Aria secca e umida - Umidità assoluta e relativa - Temperatura di rugiada, di saturazione adiabatica e di bulbo umido - Diagramma psicrometrico - Benessere termoigrometrico - Sistemi di trattamento dell'aria.
Fluidodinamica: Proprietà dei fluidi – Moto laminare e turbolento – Equazioni integrali del moto – Perdite di carico.
Trasmissione del calore: Meccanismi di trasporto del calore – Conduzione – Convezione – Irraggiamento – Resistenza termica.

Testi consigliati:

A. Cocchi, *Elementi di termofisica generale ed applicata,* Progetto Leonardo, Casa Editrice Esculapio, Bologna, 1990.
Y. A. Çengel, *Termodinamica e trasmissione del calore*, McGraw-Hill, Milano 1998.

Modalità di svolgimento dell'esame
Esami orali e scritti su temi di carattere teorico ed applicativo.

FISICA TECNICA LA **CE, cds: ltb**
Docente: **Stefano Lazzari,** ric.

Finalità del corso:
L'Insegnamento si propone di fornire le nozioni e le metodologie di base della termodinamica applicata, della fluidodinamica e della trasmissione del calore al fine di consentire un'analisi energetica dei sistemi.

Programma del corso:
Termodinamica Applicata
Sistema Internazionale di Unità di Misura (richiami) – Generalità e definizioni – Primo principio e proprietà energia – Secondo principio – Temperatura termodinamica – Disuguaglianza di Clausius – Proprietà entropia – Principio di non diminuzione dell'entropia – Sistemi semplici – Equazione di Gibbs – Regola delle fasi – Bilanci di energia per un volume di controllo – Sistemi semplici chiusi monocomponenti – Calori specifici – Equazione di stato e diagrammi {p,T},

{p,v} – Gas ideali: legge di Joule; variazioni di energia interna, entalpia ed entropia – Cenno alle proprietà dei liquidi – Proprietà dei vapori saturi – Equazione di Clapeyron – Cenno alle proprietà dei vapori surriscaldati e dei gas reali – Diagrammi termodinamici {T,s}, {h,s}, {p,h}.

FLUIDODINAMICA

Definizioni elementari – Regime laminare e turbolento – Strato limite dinamico – Viscosità – Fluidi newtoniani e non newtoniani – Tensioni in un fluido in moto – Derivata locale e derivata sostanziale – Equazioni fondamentali del moto isotermo: equazione di continuità ed equazione vettoriale di Navier – Casi semplici di moto laminare – Moto isotermo di fluidi in condotti: equazioni integrali – Perdite di carico – Fattore di attrito – Diagramma di Moody – Condotti nei quali sono inserite macchine: prevalenza – Misure di pressione, velocità e portata (cenni).

TRASMISSIONE DEL CALORE

Conduzione: Legge di Fourier – Equazione di Fourier – Casi semplici di conduzione stazionaria in geometria piana e cilindrica – Resistenza termica; resistenze termiche in serie e in parallelo – Conduzione stazionaria con generazione di calore.

Convezione: Distinzione fra convezione forzata, naturale e mista – Equazioni fondamentali del moto non isotermo – Coefficiente di convezione e numero di Nusselt – Adimensionalizzazione delle equazioni e relazione Nu = Nu (Re, Gr, Pr) in convezione mista – Strato limite termico –Convezione forzata: dipendenza Nu = Nu (Re, Pr), casi particolari, esempi – Convezione naturale: dipendenza Nu = Nu (Gr, Pr), casi particolari, esempi.

Irraggiamento termico: Generalità e definizioni – Cavità isoterma e corpo nero – Leggi di Kirchhoff, di Stefan-Boltzmann, di Planck, del regresso di Wien, di Lambert – Corpo grigio – Scambi di energia per irraggiamento fra corpi neri e grigi – Fattori di forma e loro proprietà.

Problemi composti di scambio termico: Generalità – Coefficiente di adduzione – Resistenza termica globale e coefficiente globale di scambio termico.

Esercitazioni:

Le esercitazioni sono volte sia all'applicazione delle nozioni teoriche fornite a lezione che all'approfondimento di alcuni aspetti teorici.

Testi consigliati e di consultazione:

ZANCHINI E., *Termodinamica*, Pitagora, Bologna, 1993.
ÇENGEL Y. A., *Termodinamica e trasmissione del calore*, McGraw-Hill, Milano, 1999.
PNUELI D., GUTFINGER C., *Meccanica dei fluidi*, Zanichelli, 1995.
FABBRI G., *Fluidodinamica applicata - 50 esercizi svolti*, Progetto Leonardo, Esculapio, 1999.
Esercizi di Fisica Tecnica, Volumi 1-10, Libreria Editoriale Petroni, Bologna.
COCCHI A., *Elementi di termofisica generale ed applicata*, Progetto Leonardo, Società Editrice Esculapio, Bologna, 1990.

Modalità di svolgimento dell'esame:

Scritto e/o orale, su temi di carattere teorico ed applicativo.

FISIOLOGIA LA **CE, cds: ltb**
Docente: **Pierluigi Lenzi** prof. ord.

Programma del corso:

1) *Potenziale della membrana a riposo.* Soluzioni, diffusione dei soluti, osmosi. Composizione dei liquidi intracellulare ed extracellulare. Permeabilità selettiva della membrana cellulare. Equilibrio elettrochimico e determinazione del potenziale di equilibrio dei principali ioni con l'equazione di Nernst. Relazione tra permeabilità agli ioni diffusibili e potenziale di membrana: equazione di Goldman. Funzioni della pompa sodio-potassio.

2) *Potenziale di azione.* Membrane eccitabili e canali voltaggio dipendenti. Effetti locali della stimolazione elettrica e insorgenza dell'eccitamento: soglia di eccitabilità e meccanismo rigenerativo. Conduttanze e flussi ionici nelle varie fasi del potenziale di azione. Effetti delle concentrazioni extracellulari degli ioni sul potenziale di riposo e sul potenziale di azione. Ciclo di eccitabilità della membrana e periodi refrattari. Propagazione del potenziale di azione.

3) *Trasmissione sinaptica.* Sinapsi elettriche e sinapsi chimiche. Sinapsi chimiche: sintesi, liberazione ed inattivazione dei principali mediatori. Modificazioni della membrana subsinaptica da parte del mediatore: alterazione della permeabilità di membrana, potenziale postsinaptico eccitatorio, potenziale postsinaptico inibitorio. Sommazione spaziale e temporale dei potenziali postsinaptici. Modificazione del metabolismo della cellula postsinaptica: secondi messaggeri. Inibizione presinaptica. Relazione tra ampiezza del segnale locale e frequenza dei potenziali di azione propagati nel neurone. Trasmissione neuromuscolare.

4) *Tessuto muscolare.* Muscolo scheletrico, muscolo cardiaco, muscolo liscio. Meccanismo molecolare della contrazione muscolare. Accoppiamento elettromeccanico. Tetano muscolare. Contrazione isometrica ed isotonica. Significato delle curve tensione-lunghezza e forza velocità nel muscolo scheletrico. Innervazione del muscolo scheletrico e graduazione della forza contrattile.

5) *Attività elettrica cardiaca.* Struttura del sistema di generazione e conduzione dell'eccitamento cardiaco. Attività elettrica del miocardio specifico (tessuto nodale e fibre di Purkinje) e del miocardio comune. Origine e propagazione dell'eccitamento cardiaco. Effetti della stimolazione vagale e simpatica sulla attività elettrica del miocardio specifico e comune. Correlazione temporale tra eventi elettrici e meccanici del ciclo cardiaco.

6) *Attività meccanica del cuore.* Eventi meccanici del ciclo cardiaco: movimenti delle valvole e variazioni della pressione e del volume del sangue negli atri e nei ventricoli. Durata delle fasi del ciclo cardiaco. Rumori cardiaci e loro genesi.

7) *Emodinamica.* Richiami su pressione idrostatica, teorema di Bernoulli, moto laminare (equazione di Hagen-Poiseuille), moto turbolento (formula di Reynolds). Viscosità del sangue. Velocità e pressione del sangue nei vari segmenti vascolari.

8) *Gittata cardiaca.* Gittata sistolica e gittata cardiaca. Principio della diluizione dell'indicatore applicato alla determinazione della gittata cardiaca. Diagramma volume-pressione nel ventricolo sinistro. Regolazione eterometrica ed omeometrica. Lavoro del cuore. Legge di Laplace applicata al cuore.

9) *Elettrocardiogramma.* Basi teoriche dell'elettrocardiogramma. Derivazioni standard. Correlazione tra il segnale elettrocardiografico e la propagazione dell'eccitamento cardiaco. Asse elettrico del cuore e sua valutazione.

Modalità di svolgimento dell'esame

Solo orale.

FISIOLOGIA LB **CE, cds: ltb**

Docente: **Rosa Domeniconi,** prof. inc.

Programma del corso:

10) *Funzioni delle arterie e della arteriole.* Struttura dei vasi arteriosi. Caratteristiche elastiche e funzioni delle grandi arterie. Funzioni delle arteriole. Polso arterioso centrale e periferico. Legge di Laplace applicata ai vasi. Tono basale della muscolatura dei vasi. Regolazione nervosa e umorale (ormoni e meccanismi di regolazione locale) del tono della muscolatura vasale.

11) *Funzioni dei capillari, delle vene e dei vasi linfatici.* Struttura e funzioni dei capillari. Regolazione del flusso capillare. Diffusione tra plasma e liquido interstiziale. Scambi idrici tra plasma e liquido interstiziale secondo l'ipotesi di Starling-Landis. Struttura e funzione dei vasi linfatici. Struttura e funzione di vasi venosi. Polso venoso. Fattori che determinano il ritorno del sangue venoso al cuore.

12) *Pressione arteriosa e sua regolazione.* Determinazione della pressione arteriosa mediante lo sfigmomanometro di Riva-Rocci. Pressione sistolica, diastolica e differenziale. Regolazione riflessa della pressione arteriosa: localizzazione, struttura e caratteristiche funzionali dei barocettori aortici e carotidei. Riflessi a partenza dai recettori atriali e dei vasi toracici. Sistema renina-angiotensina-aldosterone della regolazione della pressione arteriosa.

13) *Circolazione polmonare.* Struttura del circolo polmonare. Caratteriastiche emodinamiche: pressione e resistenza. Scambi idrici del letto capillare alveolare.

14) *Ventilazione polmonare.* Anatomia funzionale delle vie respiratorie. Muscoli inspiratori principali e accessori. Movimenti inspiratori. Significato funzionale dei meccanismi diaframmatico e costale. Muscoli espiratori. Definizione di volumi e capacità polmonari. Spirometria. Misura della capacità funzionale residua. Definizione e metodi di misura dello spazio morto. Ventilazione polmonare e ventilazione alveolare.

15) *Meccanica della ventilazione polmonare.* Modificazioni della pressione alveolare e del flusso di aria durante un ciclo respiratorio. Pressione pleurica e sue variazioni durante un ciclo respiratorio. Curve pressione-volume del polmone, del torace e dell'apparato respiratorio in toto. Complianza. Contributo della tensione superficiale alla elasticità polmonare. Fattore surfattante e suo significato fisiologico. Flusso dell'aria lungo le vie respiratorie. Resistenza delle vie respiratorie: sua misura e fattori che la determinano. Lavoro respiratorio.

16) *Scambi gassosi nei polmoni.* Struttura della barriera aria-sangue. Composizione dell'aria atmosferica e dell'aria alveolare. Fattori che determinano il processo della diffusione del gas respiratiri: pressioni parziali e diffusibilità dei gas; superficie alveolare e superficie capillare di scambio. Tempo di passaggio del sangue nel capillare polmonare e tempo di equilibrio. Capacità di diffusione polmonare e sua determinazione. Rapporto ventilazione-perfusione. "Shunt" anatomici (bronchiali e coronarici) e fisiologici (alveolari).

17) *Trasporto dell'ossigeno nel sangue.* Ossigeno trasportato in soluzione. Ossigeno chimicamente legato: struttura dell'emoglobina e sua concentrazione nel sangue; curva di dissociazione dell'ossiemoglobina, suo significato funzionale e fattori che la modificano. Aspetti quantitativi del trasporto dell'ossigneo nel sangue. Ipossie.

18) *Trasporto della anidride carbonica nel sangue.* Forma di trasporto dell'anidride carbonica nel sangue: disciolta e combinata chimicamente (bicarbonati e carbamino-composti). Ripartizione plasma-eritrociti dell'anidride carbonica. Curva di dissociazione dell'anidride carbonica e aspetti quantitativi del suo trasporto nel sangue. Effetto del grado di ossigenazione dell'emoglobina sulla curva di dissociazione dell'anidride carbonica.

19) *Regolazione chimica della respirazione.* Risposte ventilatorie e variazioni di pO2, pCO2 e pH ematici. Chemocettori periferici e chemocettori centrali: localizzazione e funzione nella regolazione della ventilazione polmonare. Interazione tra gli stimoli chimici.

20) *Compartimenti idrici dell'organismo.* Contenuto idrico totale dell'organismo, sua ipartizione nei diversi compartimenti e modalità di determinazione (diluizione dell'indicatore). Equilibrio idrico-salino dei compartimenti.

21) *Circolazione renale.* Generalità sul circolo renale. Vascolarizzazione dei nefroni corticali e iuxtamidollari. Determinazione dei flussi plasmatico ed ematico. Meccanismi di regolazione estrinseca ed intrinseca (autoregolazione) della circolazione renale. Apparato iuxtaglomerulare e sistema renina-angiotensina.

22) *Clearance renali.* Concetto di clearance. Clearance dell'inulina e del paraaminoippurato e basi fisiologiche delle loro applicazioni pratiche. Rapporti di clearance.

23) *Ultrafiltrazione glomerulare.* Struttura del glomerulo renale. Processo di ultrafiltrazione, bilancio delle pressioni e pressione effettiva di filtrazione. Proprietà funzionali della membrana glomerulo-capillare: composizione dell'ultrafiltrato. Rpporto filtrato-filtrando. Velocità di ultrafiltrazione. Determinazione del carico filtrato.

24) *Funzioni tubulari.* Struttura del tubulo renale. Meccanismi di riassorbimento e di secrezione. Trasporti con limite tubulare massimo (glucoso e paraaminoippurato) e con limite gradiente-tempo (sodio). Trasporti passivi (urea).

25) *Funzione del nefrone prossimale.* Trasporto di soluti nel tubulo contorto prossimale (sodio, cloro, bicarbonato, idrogenioni, fosfato, aminoacidi e glucoso).

26) *Meccanismi di concentrazione e diluizione dell'urina.* Funzione del nefrone distale nell'omeostasi osmotica. Meccanismo di moltiplicazione della concentrazione per controcorrente. Scambio per controcorrente nei vasa recta. Riassorbimento dell'acqua e sua regolazione ormonale. Clearance osmolare e clearance dell'acqua libera.

27) *Acidificazione dell'urina.* Meccanismi di compenso renali alle alterazioni dell'equilibrio acido-base. Secrezione degli ioni idrogeno, assorbimento degli ioni bicarbonato, assorbimebto e secrezione degli ioni potassio, formazione e secrezione di ammoniaca.

Modalità di svolgimento dell'esame

Solo orale.

FLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE LS — FO, cds: lsa

Docente: **Giambattista Scarpi** prof. ord.

Programma del corso:

Richiami sulle equazioni della fluidodinamica. Classificazione e proprietà delle equazioni differenziali alle derivate parziali. Flussi irrotazionali non viscosi: soluzioni numeriche col metodo dei pannelli. Metodi alle differeze finite. Convergenza e stabilità degli schemi numerici. Metodi impliciti ed espliciti. Stabilità di uno scvhema numerico. Griglie. Esempi di soluzioni alle differenze finite. Metodo dei reidui pesati. Elementi finiti. Metodi spettrali. Volumi finiti. Cenni sui flussi turbolenti e sulle varie tecniche per il loro esame numerico.

FLUIDODINAMICA L — FO, cds: lta

Docente: **Giambattista Scarpi** prof. ord.

Programma del corso:

Richiami sui sistemi di unità di misura. Cenni di analisi dimensionale. Concetto di fluido.

Schema di mezzo continuo. Principali caratteristiche meccaniche e termodinamiche dei fluidi. Richiami sui campi scalari e vettoriali.

Statica dei fluidi. L'atmosfera standard internazionale.

Equazione di continuità. Equazione del moto dei fluidi: concetto di derivata sostanziale. Equazioni di Navier-Stokes e di Eulero. Schemi semplificati e loro validità: fluido ideale e fluido incomprimibile. L'esperienza di Reynolds. Moto di fluidi incomprimibili in condotti, in regime laminare e turbolento. Diagramma di Moody. Il teorema di Bernoulli per fluidi incomprimibili e per fluidi comprimibili. Trascurabilità delle forze di massa nel caso dei gas.

Moto di fluidi ideali incomprimibili: moti piani; funzione di corrente; moti a potenziale: significato fisico e validità dello schema. Potenziale di corrente uniforme, sorgente, dipolo e loro combinazioni; potenziale di vortice; corrente traslocircolatoria attorno al cerchio. Effetto Magnus. Teorema di Kutta-Joukowski.

Teoria di Glauert per lo studio dei profili sottili. Coefficiente di pressione. Coefficiente di portanza e di momento. Centro di pressione e centro aerodinamico.

Studio dello strato limite. Strato limite laminare e turbolento su lamina piana parallela alla corrente. Coefficiente di resistenza. Cenni sullo strato limite su profili curvi. Problemi di separazione. Corpi di cattiva penetrazione.

Teoria dell'ala finita. Distribuzione ellittica della circolazione e sue conseguenze. Resistenza indotta. Curve polari. Cataloghi e repertori di profili alari e loro uso.

Moto dei fluidi comprimibili. Correnti subsoniche. Comportamento di un profilo sottile in corrente subsonica. Numero di Mach critico. Moto isoentropico di fluido comprimibile in condotti di sezione variabile. Correnti supersoniche. Espansione infinitesima ed espansione di Prandtl-Meyer. Fenomeni di shock. Equazioni per lo shock obliquo. Polare di shock. Trasformazione di Rankine-Hugoniot. Variazione dei parametri fisici attraverso la linea di shock in funzione del numero di Mach normale. Fenomeni di shock negli ugelli. Comportamento di un profilo sottile in corrente supersonica. Efficienza del profilo. Cenni sulla teoria dei modelli e sulle gallerie aerodinamiche. Principi di funzionamento delle eliche.

FONDAMENTI DI CHIMICA L **CE, cds: ltb**

Docente: **Nadia Lotti**, ric.

Programma del corso:

Struttura atomica della materia. L'atomo e i suoi costituenti: elettrone, protone, neutrone. Gli elementi: il numero atomico e il numero di massa; gli isotopi. Masse atomiche assolute e relative. La mole ed il numero di Avogadro. I composti. Formula minima, formula molecolare e formula di struttura di un composto. Nomenclatura IUPAC per i composti inorganici più comuni. Principali classi di composti inorganici.

Struttura elettronica degli atomi. Il principio di indeterminazione e le onde di De Broglie. La meccanica ondulatoria. Numeri quantici e orbitali. L'atomo di idrogeno nella meccanica ondulatoria. La struttura degli atomi polielettronici. Lo spin dell'elettrone: il principio di esclusione di Pauli e la regola di Hund. Le configurazioni elettroniche degli atomi.

La classificazione periodica degli elementi. La tavola periodica e le proprietà periodiche degli elementi.

Il legame chimico. Parametri della struttura molecolare. Classificazione dei legami chimici. Il legame ionico e l'energia reticolare. La valenza ionica. Il legame covalente: legami semplici e multipli. Orbitali ibridi e geometria molecolare. Polarità delle molecole. La teoria degli orbitali molecolari (cenni). Il legame metallico. La teoria delle bande. Conduttori, isolanti e semicondut-

tori. I legami deboli.

Le reazioni chimiche. L'equazione stechiometrica ed il suo significato quantitativo. Tipi di reazioni; le reazioni di ossidoriduzione. Il numero di ossidazione ed il suo calcolo. Bilanciamento delle reazioni di ossidoriduzione. Calcoli stechiometrici.

Gli stati di aggregazione della materia. Lo stato gassoso: il modello del gas ideale e l'equazione di stato dei gas perfetti, miscele di gas ideali. I gas reali (cenni). Lo stato liquido: le soluzioni; modi di esprimere le concentrazioni delle soluzioni; unità fisiche ed unità chimiche. Calcoli sulle concentrazioni delle soluzioni. Lo stato solido: cristalli ionici, covalenti, molecolari e metallici.

Termochimica. La funzione di stato entalpia. Entalpie di formazione; stati standard ed entalpie standard. Entalpie di combustione. Legge di Hess e sue applicazioni.

Cinetica chimica. Definizione della velocità di reazione. Le equazioni cinetiche e gli ordini di reazione. Meccanismi di reazione e molecolarità dei processi elementari. Influenza della temperatura sulla velocità di reazione: l'equazione di Arrhenius. L'energia di attivazione ed il fattore sterico. La catalisi: catalizzatori e inibitori. Proprietà dei catalizzatori: attività, stabilità e selettività. Catalisi omogenea e catalisi eterogenea.

Equilibrio chimico. L'equilibrio chimico dal punto di vista cinetico; la costante di equilibrio K. Varie espressioni di K. Equilibrio nei sistemi omogenei e nei sistemi eterogenei. Spostamento dell'equilibrio. Equilibri in soluzione acquosa. Autoprotolisi dell'acqua. Soluzioni acide, basiche e neutre: il concetto di pH. Gli acidi e le basi. La forza degli acidi e delle basi. Il calcolo del pH. Le soluzioni tampone.

Chimica organica Cenni sui principali composti organici.

Testi consigliati:

R. A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di Chimica per le Tecnologie*, I ed. Cedam (PD) (2002).
R. A. MICHELIN, M. MOZZON, A. MUNARI, *Test ed esercizi di Chimica*, ed. Cedam (PD).

FONDAMENTI DI CHIMICA L **FO, cds: lta,ltm**
Docente: **Elisabetta Marianucci** ric.

Programma del corso:

Struttura atomica della materia. L'atomo e i suoi costituenti: elettrone, protone, neutrone. Gli elementi: il numero atomico e il numero di massa; gli isotopi. Masse atomiche assolute e relative. La mole ed il numero di Avogadro. I composti. Formula minima, formula molecolare e formula di struttura di un composto. Nomenclatura IUPAC per i composti inorganici più comuni. Principali classi di composti inorganici.

Struttura elettronica degli atomi. Il principio di indeterminazione e le onde di De Broglie. La meccanica ondulatoria. Numeri quantici e orbitali. L'atomo di idrogeno nella meccanica ondulatoria. La struttura degli atomi polielettronici. Lo spin dell'elettrone: il principio di esclusione di Pauli e la regola di Hund. Le configurazioni elettroniche degli atomi.

La classificazione periodica degli elementi. La tavola periodica e le proprietà periodiche degli elementi.

Il legame chimico. Parametri della struttura molecolare. Classificazione dei legami chimici. Il legame ionico e l'energia reticolare. La valenza ionica. Il legame covalente: legami semplici e multipli. Orbitali ibridi e geometria molecolare. Polarità delle molecole. La teoria degli orbitali molecolari (cenni). Il legame metallico. La teoria delle bande. Conduttori, isolanti e semicondut-

tori. I legami deboli.

Le reazioni chimiche. L'equazione stechiometrica ed il suo significato quantitativo. Tipi di reazioni; le reazioni di ossidoriduzione. Il numero di ossidazione ed il suo calcolo. Bilanciamento delle reazioni di ossidoriduzione. Calcoli stechiometrici.

Gli stati di aggregazione della materia. Lo stato gassoso: il modello del gas ideale e l'equazione di stato dei gas perfetti, miscele di gas ideali. I gas reali (cenni). Lo stato liquido: le soluzioni; modi di esprimere le concentrazioni delle soluzioni; unità fisiche ed unità chimiche. Calcoli sulle concentrazioni delle soluzioni. Lo stato solido: cristalli ionici, covalenti, molecolari e metallici.

Termochimica. La funzione di stato entalpia. Entalpie di formazione; stati standard ed entalpie standard. Entalpie di combustione. Legge di Hess e sue applicazioni.

Cinetica chimica. Definizione della velocità di reazione. Le equazioni cinetiche e gli ordini di reazione. Meccanismi di reazione e molecolarità dei processi elementari. Influenza della temperatura sulla velocità di reazione: l'equazione di Arrhenius. L'energia di attivazione ed il fattore sterico. La catalisi: catalizzatori e inibitori. Proprietà dei catalizzatori: attività, stabilità e selettività. Catalisi omogenea e catalisi eterogenea.

Equilibrio chimico. L'equilibrio chimico dal punto di vista cinetico; la costante di equilibrio K. Varie espressioni di K. Equilibrio nei sistemi omogenei e nei sistemi eterogenei. Spostamento dell'equilibrio. Equilibri in soluzione acquosa. Autoprotolisi dell'acqua. Soluzioni acide, basiche e neutre: il concetto di pH. Gli acidi e le basi. La forza degli acidi e delle basi. Il calcolo del pH.

Equilibri tra fasi diverse e diagrammi di stato. La regola delle fasi. Sistemi ad un componente: l'equazione di Clausius-Clapeyron (cenni), diagramma di stato dell'acqua e del diossido di carbonio. Sistemi a due componenti: diagrammi di stato per sistemi a due componenti.

Elettrochimica. Le pile: generalità sulle pile, tipi di semielementi, rappresentazione schematica di una pila. La serie elettrochimica dei potenziali standard. Fenomeni elettrolitici (cenni). I processi di corrosione dei metalli.

Testi consigliati:

R.A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di Chimica per le Tecnologie*, ed. Cedam (PD).
R.A. MICHELIN, M. MOZZON, A. MUNARI, *Test ed esercizi di Chimica*, ed. Cedam (PD).

FONDAMENTI DI CHIMICA LA **CE, cds: ltb**

Docente: **Annamaria Celli**, ric.

Programma del corso:

Struttura atomica della materia. Costituzione dell'atomo e particelle fondamentali. Numero atomico, numero di massa, isotopi. Peso atomico e mole.

Struttura elettronica degli atomi e sistema periodico degli elementi. Modello atomico di Rutherford. Teoria dei quanti: spettro di emissione del corpo nero, effetto fotoelettrico, modello di Bohr e spettri atomici, onde di De Broglie, meccanica ondulatoria ed equazione di Schrödinger. Orbitali atomici e numeri quantici. Struttura elettronica degli atomi e proprietà periodiche.

Legame chimico. Legame ionico e struttura dei cristalli ionici. Legame covalente: teoria degli orbitali molecolari. Orbitali ibridi e geometria molecolare. Cristalli covalenti. Legame covalente polare. Legame metallico: teoria delle bande. Conduttori e isolanti. Proprietà dei semiconduttori. Legami deboli.

Nomenclatura chimica, calcoli stechiometrici, reazioni di ossidoriduzione.

Termochimica. *Legge di Hess. Equazioni termochimiche. Entalpie standard di formazione, di reazione e di combustione.*

Equilibrio chimico. *Equilibri ionici in soluzione acquosa. Acidi e basi. Calcolo del pH.*

Cinetica chimica. *Velocità di reazione: ordine di reazione ed energia di attivazione. Catalizzatori.*

Testo consigliato

MICHELIN R.A., MUNARI A., *Fondamenti di Chimica per le Tecnologie*, Cedam

FONDAMENTI DI INFORMATICA L **FO, cds: lta,ltm**

Docente: **Stefano Simonini** prof. inc.

Finalità del corso

L'insegnamento è rivolto agli studenti del primo anno del corso di laurea in ingegneria meccanica ed aerospaziale. Allo scopo di far comprendere, almeno in linea di principio e sotto l'aspetto esclusivamente logico, le operatività dei dispositivi che stanno alla base del funzionamento di ogni sistema digitale d'elaborazione, segue un percorso didattico che, prendendo avvio dallo studio dell'algebra di Boole, fornisce le nozioni fondamentali relative alle reti logiche, giunge all'architettura di un generico microprocessore e si conclude con lo studio della sintassi di un linguaggio ad alto livello.

Programma del corso

Algebra di *Boole*: postulati e teoremi. Variabili e costanti. Operatori logici. Porte logiche fondamentali e tabelle di verità. Porte universali. Funzioni logiche. Funzioni di una e due variabili. Reti logiche. Analisi. Forma canonica. Sintesi. Minimizzazione algebrica. Mappe di *Karnaugh* e caselle adiacenti. Minimizzazione mediante le mappe di Karnaugh. Minimizzazione con il metodo di *Quine-Mc Cluskey*.

Sistemi posizionali di numerazione. L'operazione del contare in base qualunque. Conversione di un numero da base qualunque a base 10 e viceversa. Conversione di un numero da binario ad ottale, ad esadecimale e viceversa. Codice *BCD*. Codice *ASCII*. Codice *Gray*. Operazioni tra numeri espressi in base qualunque. Addizione. Sottrazione. Sottrazione in complemento. Moltiplicazione. Divisione. Artificio per l'esecuzione dell'addizione in codice BCD. Operazioni tra numeri relativi. Numeri frazionari. Conversione di un numero frazionario da base 10 a base qualunque e viceversa. Conversione di un numero frazionario binario ad ottale, ad esadecimale e viceversa. Semisommatore (*half-adder*) e sommatore completo (*full-adder*). Applicazioni del sommatore. Codificatore e decodificatore. Comparatore. Multiplexer e demultiplexer. Generatori di parità. Latch. Cella elementare di memoria. Macchina sequenziale. Transizioni tra stati. *Flip-flop* SR, JK e *master slave*. Divisori di frequenza e contatori. Registri. Dispositivi di memoria. Struttura di una ROM e di una RAM. Microprocessore. Bus. Segmentazione della memoria. Registri e code. Il controllore a logica cablata e a logica programmabile. Il *PLC*. Linguaggi e tecnica di programmazione per il *PLC*. Cenno al linguaggio macchina ed alle istruzioni *assembler*. Logica combinatoria programmabile. Linguaggi ad alto livello. Costruzione di algoritmi. Caratteristiche del C++. I commenti. Il preprocessore. Variabili ed identificatori. Funzioni e prototipi. Operatori aritmetici. Operatori relazionali e logici. Strutture fondamentali. Istruzioni di controllo *if, if-else-if*. Il ciclo *for*. L'istruzione *switch*. Il ciclo *while*. Il ciclo *do-while*. Uso di *continue* e di *break* per

uscire dai cicli. *Array* ad una, due e più dimensioni. *Array* di stringhe. Parametri formali e variabili globali. Argomenti di *main* (). Funzione *void*. Codifica di algoritmi in C++.

Modalità di svolgimento dell'esame:
prova scritta e orale.

FONDAMENTI DI INFORMATICA LA **CE, cds: ltt, lte, lti, ltb**
Docente: **Mirko Viroli** ric.

Finalità del corso:
Il corso si propone di introdurre i principali concetti dell'informatica, delle sue basi fondazionali, e della programmazione degli elaboratori elettronici. Verranno descritti alcuni dei principali risultati dell'informatica teorica, con particolare enfasi al loro ausilio all'ingegneria del software. Le tecniche fondamentali di programmazione verranno illustrate descrivendo vari aspetti del linguaggio di programmazione Java.

Programma del corso:
Il corso è diviso nelle seguenti unità didattiche.
Informatica Teorica.
Il concetto di elaboratore elettronico, computazione algoritmica e interazione. Le grammatiche formali come strumento per la descrizione sintattica di dati e programmi. I principali risultati delle teoria della computazione classica: automi, funzioni ricorsive primitive, tesi di Church, incompletezza di Goedel. I linguaggi di programmazione.
La valutazione delle espressioni.
I concetti di valore, tipo di dato, operatore ed espressione. I tipi primitivi di Java, stringhe ed array, e loro operatori. Schemi di compilazione ed interpretazione. Abstract Syntax Tree, typing e valutazione di una espressione.
La programmazione funzionale.
L'astrazione di funzione: motivazioni, sintassi Java e principali aspetti di typing e valutazione. Ricorsione e algoritmi ricorsivi per l'accesso alle sequenze. Ingegneria delle funzioni: analisi e progetto. Progetto della signature, funzionalità di test, schemi implementativi: la ricorsione e la composizione.
La programmazione imperativa.
I concetti di assegnamento, variabile, e statement. Principali aspetti di sintassi, typing e valutazione. Assegnamento ed array: il problema del side-effect. Algoritmi ricorsivi per la costruzione di sequenze.
La programmazione strutturata.
Il corpo di una funzione come flusso di istruzioni. I costrutti di programmazione strutturata. Algoritmi iterativi per l'elaborazione di sequenze. Il record di attivazione. Confronto fra algoritmi ricorsivi ed algoritmi iterativi. La ricorsione tail.
La programmazione procedurale e modulare.
La classe Java come modulo. Variabili globali e inizializzazione. I modificatori di accesso. I package e l'utilizzo della libreria di Java. Il framework di Java ed il Java Development Kit.
Algoritmi e complessità.
Algoritmi per l'ordinamento e l'accesso diretto alle sequenze. Teoria della complessità. Algoritmi di calcolo numerico.
La programmazione con gli Abstract Data Types.

La specifica di ADTs. La realizzazione con stile modulare degli ADT in Java. Sintassi, typing, valutazione. Gestione a run-time.
Sharing di strutture.

FONDAMENTI E METODI DELLA PROGETTAZIONE PER L'INDUSTRIA AEROSPAZIALE LS **FO, cds:lsa**
Docente: **Paolo Mezzanotte,** prof.inc.

Programma del corso:
1. *L'industria aeronautica:*
   1.1. alleanze e fusioni
   1.2. programmi aeronautici e collaborazione industriale
2. *Il progetto preliminare:*
   2.1. nascita e prime fasi di un programma militare
   2.2. airframe requirements tradizionali
   2.3. airframe requirements dei fighter moderni
   2.4. analisi di requisiti e concezione del prodotto
   2.5. addestratori avanzati: requisiti e soluzioni
   2.6. configurazione di partenza – valutazione del peso
   2.7. configurazione di partenza – valutazione dei parametri alari e del rapporto spinta / peso
   2.8. configurazione di partenza – parametri globali di configurazione
   2.9. configurazione di partenza – volumi
   2.10. configurazione di partenza – motore e propulsione
   2.11. configurazione di partenza – cabina
   2.12. configurazione di partenza – struttura, carrello
   2.13. configurazione di partenza – armamento
   2.14. configurazione di partenza – stima delle masse e loro distribuzione
   2.15. analisi parametrica e selected baseline
3. *Cenno alle fasi successive*

GEOMETRIA E ALGEBRA LA **CE, cds: ltt, lte, lti, ltb**
Docente: **Michele Mulazzani** prof. ass.

Programma del corso:
Preliminari
Generalità sugli insiemi. Relazioni di equivalenza, quozienti. Strutture algebriche. Operazioni standard su K^n. Polinomi, equazioni algebriche.
Matrici
Operazioni. Trasformazioni elementari. Matrici a gradini. Permutazioni. Determinante. Proprietà dei determinanti. Sviluppo di Laplace. Inversione di una matrice..
Spazi vettoriali
Definizioni ed esempi. Sottospazi vettoriali. Sistema di generatori. Dipendenza lineare. Basi e dimensione. Coordinate rispetto ad una base. Somma e intersezione di sottospazi. Formula di Grassmann.
Trasformazioni lineari.

Definizione ed esempi. Endomorfismi. Isomorfismi. Nucleo e immagine. Matrici associate ad una trasformazione lineare. Cambiamento di base. Rango di una matrice. Teorema di Kroenecker. Sistemi lineari.
Risolubilità, teorema di Rouchè-Capelli. Sistemi di Cramer. Algoritmo di Gauss.
Rappresentazioni di sottospazi.
Rappresentazioni cartesiana e parametrica.
Autovalori ed autovettori.
Autovalori, autovettori e autospazi di un endomorfismo e di una matrice. Matrici simili. Polinomio caratteristico. Diagonalizzazione per similitudine di matrici ed endomorfismi.
Forme bilineari e quadratiche.
Matrici particolari. Forme bilineari. Rappresentazione matriciale. Matrici simmetriche. Forme quadratiche. Forme canoniche.
Spazi vettoriali euclidei.
Prodotti scalari. Ortogonalità. Insiemi ortonormali. Operatori ortogonali. Ortogonalità fra sottospazi.
Spazi affini ed euclidei.
Spazi e trasformazioni affini. Sottospazi affini. Rappresentazioni di sottospazi. Parallelismo. Ortogonalità.
Iperquadriche.
Definizioni generali. Coniche reali nel piano affine ed euclideo.

Testi consigliati

CASALI M.R., GAGLIARDI C., GRASSELLI L., *Geometria*, Progetto Leonardo, Bologna, 2001 (testo ufficiale del corso).
GUALANDRI L., *Esercizi di algebra lineare e geometria*, Progetto Leonardo, Bologna, 1995.

GEOMETRIA E ALGEBRA LS **CE, cds: S**
Docente: **Michele Mulazzani**, prof. ass.

Programma del corso:
- Forma canonica di Jordan per matrici reali e complesse
- Diagonalizzazione di matrici normali
- Forme quadratiche reali
- Geometria differenziale di curve e superfici nello spazio

Testo consigliato:

S. ABEASIS, *Complementi di Algebra Lineare e Geometria*, Zanichelli, Bologna, 1993.

GESTIONE DELLA CIRCOLAZIONE AEREA E METEREOLOGIA L **FO, cds: Ita**
Docente: **Angelo Efisio Serrau**, prof. inc.

Programma del corso:
- Il fenomeno circolatorio: traffico e circolazione, criteri di studio.

- Elementi di Trasporti Aerei: spostamento e trasporto, funzione di utilità, costo generalizzato, domanda e offerta, sistema di trasporto e sue componenti, veicolo, rete, organizzazione, sistemi di ausilio; sistemi a traffico casuale e a traffico programmato; gradi di libertà, disciplina della marcia; le variabili e le funzioni caratteristiche dello stato circolatorio: densità, portata, L.d.S., capacità, funzioni di costo.
- Elementi di Navigazione: ortodromia, lossodromia, rotta e prua, le carte geografiche, metodi di navigazione.
- Il sistema di trasporto aereo: veicolo aereo e rete, archi e nodi, aerovie e aeroporti.
- L'organizzazione dell'Aviazione civile a livello mondiale ed europeo; l'ICAO, cenni storici, organizzazione, documenti e annessi alla Convenzione di Chicago; l'ECAC e EUROCONTROL.
- L'ATM e la gestione della circolazione aerea:
- Lo spazio aereo; classificazione e servizi (Annex 11);
- Le Regole dell'aria (Annex 2);
- Gestione e Controllo della Circolazione Aerea (Doc.4444): metodi di separazione e minime; Controllo d'Area, di Avvicinamento, di Aerodromo; le procedure strumentali; l'uso del RADAR nel controllo della circolazione;
- La gestione della capacita e il controllo dei flussi, l'ATFM;
- La gestione della sicurezza della circolazione
- Evoluzione dell'ATM verso la sua integrazione col sistema globale CNS; data link, Flight menagement System, ADS, Free flight etc.
- METEREOLOGIA

GESTIONE DELLA QUALITÀ L A **CE, cds: lti, lte**
Docente: **Carla Gentile**, ric.

Programma del corso:

L'evoluzione del concetto di qualità: dal controllo al miglioramento continuo. I contributi fondamentali di Deming, Juran, Ishikawa, Crosby, Taguchi, Feugenbaum. Il concetto di qualità di prodotto e di sistema secondo le norme ISO.

Aggregazione del concetto di qualità alla produzione: le dimensioni della qualità. Il problema della misura della qualità. Qualità offerta, attesa, percepita. La soddisfazione del cliente. La qualità nei servizi. Un modello di qualità dei servizi: il modello degli scostamenti di Parasuraman, Zeithaml e Berry. La qualità gestita dagli addetti, la formazione, TQ, TQM e CWQC. I costi della qualità. Il benchmarking.

Qualità e controllo statistico dei processi. Richiami di statistica descrittiva: la distribuzione di probabilità binomiale e la distribuzione normale. Raccolta dati, stratificazione, istogramma, analisi di Pareto, diagramma di Ishikawa, diagramma di correlazione. Variabilità, tolleranza naturale e specifiche nominali di un processo. Carte di controllo per variabili. Carte di controllo per attributi. Analisi di capacità del processo. Uso e interpretazione degli indici di capacità.

Programmazione degli esperimenti: caratterizzazione e ottimizzazione, analisi della varianza a un fattore, modello a effetti fissi e modello a effetti casuali. Esperimenti fattoriali, piani fattoriali 2^2.

Affidabilità e tasso di guasto. Analisi FMEA di progetto e di processo.

Il campionamento in accettazione. Piani di campionamento, curve caratteristiche, parametri caratteristici.

Le norme ISO 9000. Differenze fra ISO 9001 e ISO 9004. La nuova norma ISO 9001 ed.

2000. Certificazione, qualifica, omologazione. Il sistema della certificazione e i premi per la qualità. La marcatura CE.

Testi consigliati

D. C. MONTGOMERY, *Controllo statistico della qualitÀ*, ed. Mc Graw Hill
A. GALGANO, *La qualità totale*, ed. Il Sole 24 Ore
V. ZEITHAML, A. Parasuraman, L. Berry, *Servire qualità*, ed. Mc Graw Hill

GESTIONE E OTTIMIZZAZIONE DEL TRAFFICO AEREO LS **FO, cds: lsa**
Docenti:**Daniele Vigo**, prof. ass.

Programma del corso:
Il corso illustra i principali strumenti messi a disposizione dalla Ricerca Operativa per la soluzione dei problemi decisionali e di ottimizzazione e ne presenta l'applicazione alla gestione ed ottimizzazione del traffico aereo.

1. Introduzione: Problemi decisionali e di ottimizzazione. Modelli dei problemi decisionali e di ottimizzazione e loro classificazione. Metodologia della Ricerca Operativa. Algoritmi esatti ed euristici e cenni alla complessità computazionale.

2. Modelli ed algoritmi di Teoria dei Grafi: Generalità e definizioni. Problemi di determinazione di alberi a costo minimo. Problemi di determinazione di cammini a costo minimo. Problemi di flusso su rete: flusso massimo. Cenni a problemi più complessi (Commesso viaggiatore, instradamento di veicoli ...).

3. Ottimizzazione lineare: Forma canonica e standard di un problema di ottimizzazione lineare. Soluzioni ammissibili e soluzione base. Algoritmo del simplesso: interpretazione geometrica, criterio di ottimalità, degenerazione, determinazione di una soluzione base iniziale. Analisi di sensitività. Uso di un package di risoluzione.

4. Ottimizzazione lineare intera: Formulazioni di un problema di ottimizzazione lineare intera. Soluzione grafica. Totale unimodularità. Metodo branch and bound. Uso di un package di risoluzione.

5. Problemi di ottimizzazione e gestione del traffico aereo: Problemi di controllo dei flussi nel traffico aereo. Modelli di ottimizzazione lineare intera ed algoritmi per il ground holding e la riassegnazione delle rotte. Problemi di turnazione del personale. Introduzione alle tecniche di simulazione numerica.

Organizzazione ed esami
Il corso prevede lezioni in aula, esercitazioni in aula ed in laboratorio ed esercitazioni libere in laboratorio. L'esame prevede una prova scritta ed una prova orale/pratica integrativa.

Testi Consigliati

Dispense a cura del docente (distribuite durante le lezioni e disponibili in rete).

Testi per consultazione:

S. PALLOTTINO, A. SCIOMACHEN (a cura di), *Scienze delle decisioni per i trasporti*, Franco Angeli, Milano, 1999.
S. MARTELLO, D. VIGO, *Esercizi di ricerca operativa*, Progetto Leonardo, Bologna, 1999.
S. MARTELLO, *Lezioni di ricerca operativa*, Progetto Leonardo, Bologna, 2002.
M. FISCHETTI, *Lezioni di ricerca operativa*, Edizioni Libreria Progetto, Padova, 1995
M. DELL'AMICO, *120 esercizi di ricerca operativa*, Bologna, Pitagora, 1996
P. TOTH, D. VIGO,The Vehicle Routing Problem, Siam, Philadelphia, 2002.
C. H. PAPADIMITRIOU, K. STEIGLITZ, Combinatorial Optimization: Algorithms And Complexity, Englewood Cliffs (NJ), Prentice-Hall, 1982.

IMPIANTI AEREOSPAZIALI L — FO, cds: lta

Docente: **Alberto Folchini,** prof. inc.

Obiettivi formativi

L'insegnamento vuole fornire una conoscenza dei principali impianti installati a bordo dei veicoli aerospaziali. A tale fine vengono analizzate le caratteristiche dei principali componenti utilizzati per la loro realizzazione e la loro integrazione in sistemi.

L'insegnamento si propone di portare l'allievo a sviluppare una capacità di sintesi tale da consentire il progetto preliminare di un impianto ed un suo dimensionamento di massima.

Programma dettagliato

Impianto oleodinamico: requisiti generali, principi di funzionamento, generazione della potenza idraulica, utilizzatori, distribuzione, accessori, principi di regolazione, schemi tipici.
Impianto elettrico: requisiti generali, impianti in corrente continua ed alternata, generazione, distribuzione, organi di protezione, schemi tipici.
Impianto pneumatico: requisiti generali, schemi tipici.
Impianto combustibile: requisiti generali, principi di funzionamento, schemi tipici.
Impianto di pressurizzazione e condizionamento: condizioni ambientali in quota, regolazione della pressurizzazione, regolazione della temperatura, impianti ossigeno, schemi tipici.
Organi di atterraggio: configurazione generale, freni, ammortizzatori, sistemi di retrazione carrello.
Comandi di volo: trasmissioni meccaniche, cenni ai sistemi servopotenziati.
Installazioni di sicurezza: impianti antighiaccio, impianti antiincendio.
Strumenti di bordo: strumenti per la condotta del velivolo manometrici e giroscopici.
Avionica: dispositivi di comunicazione e navigazione, radar.

Bibliografia

Dispense dell'insegnamento.
Durante lo svolgimento del corso verranno indicati testi di approfondimento sui singoli argomenti.

Modalità di verifica

Durante l'anno, verranno svolte delle prove di valutazione, secondo modalità e tempi che verranno resi noti in aula dal docente. La prova finale sarà un colloquio orale.

IMPIANTI INDUSTRIALI L **FO, cds: ltm**
Docente: **Maurizio Bevilacqua** prof. ass.

Programma del corso:
Classificazione degli impianti industriali
Studio di fattibilità degli impianti industriali. Analisi della domanda. Studio del prodotto e del ciclo produttivo. Volume ottimo di produzione
I costi di produzione. Diagramma di redditività. Cenni di matematica finanziaria. Ammortamento e piani di ammortamento
Metodi di valutazione degli investimenti industriali.
Metodi per la scelta dell'ubicazione degli impianti industriali
Tecniche per la gestione dei progetti di impianto (PERT, CPM)
Bilanciamento delle linee di assemblaggio (metodo di Kottas – Lau)
La procedura sistematica di lay-out. Diagramma prodotto-quantità. Strumenti per l'analisi del flusso dei materiali e dei rapporti tra le attività. Valutazione dello spazio richiesto da un progetto di lay-out.

IMPIANTI MECCANICI L **FO, cds: ltm**
Docente: **Maurizio Bevilacqua** prof. ass.

Programma del corso:
Equazione del moto dei fluidi. Perdite di carico. Curve caratteristiche dei circuiti idraulici. dimensionamento di reti idriche aperte (diametro economico) e chiuse (metodo di Hardy-Cross)
Dimensionamento degli impianti per la produzione distribuzione di aria compressa
Il piping: noranative di unificazione di tubazioni, valvole ed accessori. Caratteristiche delle valvole di regolazione
Il servizio acqua. Approvvigionamento idrico da falde freatiche ed artesiane. Dimensionamento degli impianti ad autoclave. Dimensionamento dei serbatoi di accumulo. Dimensionamento degli impianti antincendio.
Impianti di riscaldamento ad acqua. Dimensionamento dei vasi di espansione. Schemi di regolazione per la centrale termica per le utenze.
Impianti per la produzione e distribuzione di vapore per uso tecnologico. Caratteristiche degli scaricatori di condensa.
Impianti frigoriferi ad espansione secca ed umida

IMPIANTI MECCANICI LS **FO, cds: lsm**
Docente: **Maurizio Bevilacqua** prof. ass.

Programma del corso:
Impianti di ventilazione ed aspirazione
Impianti di condizionamento
Impianti di concentrazione
Impianti di essiccamento
Impianti di cogenerazione

INGEGNERIA CLINICA L **CE, cds: ltb, lsb**
Docente: **Claudio Lamberti**, prof. ass.

Finalità del corso:

L'insegnamento tratta problemi connessi con l'organizzazione e la gestione di una struttura sanitaria, in particolare per ciò che concerne le tecnologie biomediche.

Vengono illustrate le metodologie ed i supporti tecnologici oggi disponibili per una loro gestione corretta e sicura.

Programma del corso:

1. Tecnologie Biomediche.

Definizioni e classificazione. Dati orientativi sulla consistenza del parco tecnologico. Introduzione ai principi di funzionamento di alcuni sistemi diagnostici.

2. Ingegneria Clinica

L'ingegnere clinico ed il tecnico biomedico: attività e competenze. La gestione delle tecnologie nei presidi sanitari. L'acquisizione e la manutenzione delle apparecchiature. Criteri per il dimensionamento di un Servizio di Ingegneria Clinica.

3. Le Norme ed il Technology Assessment

Le normative per assicurare un uso corretto e sicuro delle tecnologie biomediche. La certificazione di qualità. Il processo di Valutazione delle Tecnologie Biomediche.

4. Sistemi Informativi Sanitari

Caratteristiche generali dei principali componenti di un Sistema Informativo Sanitario. Modello centralizzato e modello distribuito. Cartella clinica tradizionale e problemi relativi alla sua informatizzazione. Indicatori sanitari. Raggruppamenti Omogenei di Diagnosi (DRG/ROD) e loro utilizzo.

5. Telemedicina.

Telemedicina: alcuni esempi significativi di utilizzo delle tecnolgie dell'informazione in ambito sanitario. Picture Archiving and Communication System (PACS).

Visite guidate presso alcune strutture sanitarie.
Seminari tenuti da esperti esterni.

Testi consigliati:

C. Lamberti, W. Rainer, *Le Apparecchiature Biomediche e la loro Gestione*. Collana di Ingegneria Biomedica. Patron Editore, Bologna, 1998.

Management of Medical Technology. A Primer for Clinical Engineers. Edited by J.D.Bronzino. Butterworth-Heinemann, 1992.

Vengono forniti inoltre appunti preparati dal docente contenenti anche le indicazioni bibliografiche per l'approfondimento di temi specifici.

INGEGNERIA DEI SISTEMI SOFTWARE LS — CE, cds: S

Docente: **Antonio Natali**, prof. ord.

Obiettivi del corso:

Il corso si pone come obiettivo principale introdurre concetti, metodologie e tecniche per l'analisi, il progetto, l'implementazione e il collaudo di sistemi software, con specifico riferimento ai sistemi ad oggetti, alla costruzione di modelli e al rapporto con le diverse piattaforme tecnologie oggi disponibili per la costruzione e del software.

Per conseguire questi obiettivi il corso intende:

- Approfondire il ruolo dei modelli per impostare l'analisi e progettazione dei sistemi in modo il più possibile indipendente dalle tecnologie realizzative, quali a HTML, Java, XML, XSLT, JSP, JavaScript, etc
- Approfondire il ruolo dei design pattern, con particolare riferimento ai pattern architetturali
- Fornire conoscenze tecniche e metodologiche per il progetto e la realizzazione di componenti software e di sistemi basati su componenti
- Fornire metodologie per il mapping di architetture logiche indipendenti dalla piattaforma (PIM) in sistemi concreti dipendenti da (modelli di) piattaforme operative (PSM)

Prerequisiti

Occorre conoscere l'organizzazione dei sistemi di elaborazione, i concetti fondamentali della programmazione ad oggetti e l'uso degli ambienti di sviluppo del software, dei sistemi Web e una discreta conoscenza di tecnologie e di linguaggi di rete

Organizzazione del corso

Il corso prevede una stretta interazione tra la parte teorica e la parte pratica di laboratorio, che viene impostata simulando, per quanto possibile, un ambiente di produzione industriale. Le esercitazioni mirano ad affrontare in modo concreto le caratteristiche di processi di sviluppo di tipo evolutivo e incrementale.

Materiale didattico

Vengono fornite dispense a cura del docente, sia in forma elettronica sia in forma cartacea. Possibili titoli di testi e manuali di consultazione saranno esposti sul sito web del docente (**www-natali.deis.unibo.it**).

Parte del materiale didattico verrà prodotto e fornito in accordo con i risultati del progetto API (**http://www.api.ei.unibo.it**)

INGEGNERIA DEL SOFTWARE LA — CE, cds: Iti

Docente: **Antonio Natali** prof. ord.

Obiettivi del corso

L'obiettivo principale del corso è introdurre concetti, metodologie e tecniche per l'analisi, il progetto, l'implementazione e il testing di sistemi software, con specifico riferimento a sistemi ad oggetti. Più specificatamente il corso intende:

- Approfondire le principali tecniche per la costruzione di sistemi software ad oggetti
- Introdurre il concetto di design pattern
- Approfondire il ruolo dei modelli nell'analisi/progettazione dei sistemi e nella comunicazio-

ne interpersonale e presentare i concetti fondamentali del linguaggio UML
- Introdurre un case-study che mostri in modo concreto le caratteristiche di processi di sviluppo di tipo evolutivo e incrementale
- Fornire conoscenze tecniche e metodologiche per il progetto e la realizzazione di componenti softtware e di sistemi basati su componenti

Prerequisiti

Occorre conoscere l'organizzazione dei sistemi di elaborazione, i concetti fondamentali della programmazione ad oggetti e l'uso degli ambienti di sviluppo del software È fortemente consigliata, benché non strettamente indispensabile, la conoscenza del linguaggio Java.

Organizzazione del corso

Il corso prevede una stretta interazione tra la parte teorica e la parte pratica di laboratorio, che viene impostata simulando, per quanto possibile, un ambiente di produzione industriale.

Materiale didattico

Vengono fornite dispense a cura del docente, sia in forma elettronica sia in forma cartacea. Possibili titoli di testi e manuali di consultazione saranno esposti sul sito web del docente www-natali.deis.unibo.it

Parte del materiale didattico verrà prodotto e fornito in accordo con i risultati del progetto API (http://www.api.ei.unibo.it).

LABORATORIO DI BIOINGEGNERIA LB **CE, cds: ltb**

Docente: **Elisa Magosso,** ric.

L'obiettivo del corso è fornire gli strumenti metodologici e le competenze tecniche per affrontare problemi di progettazione e caratterizzazione di strumentazione biomedica e problemi di acquisizione e di elaborazione di segnali di natura biologica. Il corso consiste in esercitazioni a gruppi, che si eseguiranno prevalentemente nel laboratorio di bioingegneria presso la sede di via Venezia. In particolare, le esercitazioni prevedono l'utilizzo di dispositivi di laboratorio (saldatore, componenti elettronici, generatore di funzione, oscilloscopio), di strumentazione biomedica (trasduttore di pressione, generatore di onda pressoria, elettrocardiografo), di sistemi didattici per l'acquisizione, la visualizzazione e l'elaborazione di segnali biologici (BIOPAC STUDENT PRO), e di pacchetti software per la progettazione e l'analisi (MATLAB, LABVIEW).

Alcune esercitazioni proposte:

1. Realizzazione di un circuito elettronico secondo specifiche di progetto: l'esercitazione si propone di fornire allo studente le competenze per eseguire la saldatura di componenti elettronici, per l'assemblaggio di un circuito elettronico, e per verificare il corretto funzionamento del circuito realizzato.

2. Progetto di un sistema di controllo della temperatura: l'esercitazione introduce lo studente all'utilizzo del pacchetto software LABVIEW, e lo avvicina al concetto di controllo a retroazione negativa con isteresi, fondamentale in ambito biologico, mostrandone una possibile realizzazione software.

3. Acquisizione di segnali elettromiografici e elettrocardiografici e loro elaborazione; l'eser-

citazione si propone di rilevare l'attività elettrica legata alle contrazioni muscolari, e di evidenziare le differenze tra i segnali elettrici rilevati legate al diverso tipo di muscolatura (muscolo scheletrico e muscolo cardiaco). L'esercitazione viene svolta usando la scheda di acquisizione BIOPAC e il pacchetto MATLAB.

4. Caratterizzazione statica e dinamica di un sensore di pressione: l'esercitazione offre un esempio di valutazione delle prestazioni di un sistema di misura, attraverso l'individuazione delle sue caratteristiche statiche e dinamiche. L'esercitazione prevede l'utilizzo di un generatore di funzione, di un generatore di onda pressoria, di un oscilloscopio e del pacchetto MATLAB.

5. Caratterizzazione della sicurezza elettrica di un dispositivo elettromedicale: l'obiettivo dell'esercitazione è la verifica della sicurezza elettrica di un elettrocardiografo, attraverso la determinazione delle correnti di dispersione sia in condizioni normali sia in condizioni di primo guasto. L'esercitazione prevede l'utilizzo di un elettrocardiografo (Mortara Rangoni) e di un tester per elettrocardiografo.

LABORATORIO DI BIOINGEGNERIA TL **CE, cds: ltb**

Docente: **Elisa Magosso**, ric.

Il corso si propone di fornire allo studente le conoscenze fondamentali per l'utilizzo dell'ambiente MATLAB. In particolare, l'utilizzo di MATLAB è finalizzato allo sviluppo di strumenti per la risoluzione di problemi comuni a molte applicazioni di interesse medico-biologico.

Lo studente, inoltre, sarà introdotto all'uso di due dispositivi fondamentali di laboratorio: il generatore di funzione e l'oscilloscopio.

Il corso si svolgerà prevalentemente in laboratori didattici (laboratorio di informatica e laboratorio di bioingegneria presso la sede di via Venezia).

Fasi principali del corso:

1. Introduzione allo strumento MATLAB
- introduzione di matrici e operazioni su matrici
- variabili ed espressioni
- controllo di flusso
- M-files e funzioni
- grafici
- SIMULINK

2. Applicazione di MATLAB alla risoluzione di problemi di interesse biomedico
- esercitazioni al calcolatore (individuali o a gruppi); in ciascuna sarà richiesta la soluzione di uno specifico problema

3. Descrizione ed utilizzo del generatore di funzione e dell'oscilloscopio

4. Catena di acquisizione ed elaborazione di un segnale
- generazione e acquisizione di un segnale mediante il generatore di funzione e l'oscilloscopio
- successiva elaborazione del segnale al calcolatore utilizzando MATLAB

LABORATORIO DI DIAGNOSTICA DELLE STRUTTURE L **FO, cds: ltm**
Docente: **Vincenzo Dal Re**, prof. straord.

Programma del corso:
APPLICAZIONE DELL'ESTENSIMETRIA ELETTRICA: Esercitazione pratica in laboratorio
APPLICAZIONE DELLE LACCHE FRAGILI: Esercitazione pratica in laboratorio
APPLICAZIONE DELLA MAGNETOSCOPIA: Esercitazione pratica in laboratorio
APPLICAZIONE DEGLI ULTRASUONI: Esercitazione pratica in laboratorio
APPLICAZIONE DELLE EMISSIONI ACUSTICHE: Esercitazione pratica in laboratorio

Modalità di svolgimento dell'esame:
L'IDONEITÀ può essere conseguita con la frequenza alle esercitazioni in laboratorio. In mancanza, è prevista una prova orale.

LABORATORIO DI ELABORAZIONE NUMERICA DEI SEGNALI LA **CE, cds: ltt**
Docente: **Andrea Giorgetti** ric.

Finalità del corso:
Il corso si propone di fornire gli elementi per l'analisi, il progetto e la caratterizzazione dei sistemi di elaborazione dei segnali basati su tecniche numeriche. L'analisi ed il progetto delle tecniche studiate avviene mediante lo sviluppo di programmi in ambiente MATLAB. Segue l'implementazione degli algoritmi su piattaforme DSP commerciali e la caratterizzazione su banco di misura.

Contenuti
Introduzione all'elaborazione numerica dei segnali. Richiami sulla conversione A/D e D/A. Trasformata discreta di Fourier (DFT). Richiami sulla trasformata Z. Caratteristiche, architetture e progetto di filtri FIR e di filtri IIR. Oscillatori digitali. Tecniche di interpolazione e decimazione. Architetture di processori per DSP. Effetti dell'aritmetica a precisione finita.

Progetto e implementazione su DSP di:
- filtri FIR e IIR;
- sistemi di trasmissione L-ASK e M-QASK;
- modulatori e demodulatori;
- circuito ad aggancio di fase digitale (DPLL).

È prevista la realizzazione di un sottosistema di telecomunicazioni da concordarsi con il docente.

Bibliografia

O. Andrisano, A. Conti, D. Dardari, *Appunti di sistemi di telecomunicazione: "Laboratorio1 - Telemisure di sistemi di telecomunicazioni basati su DSP"*, Esculapio, 2002.
A. V. Oppenheim, R. W. Schafer, *Discrete-Time Signal Processing*, Prentice Hall, 1989.
B. M. Bellanger, *Digital Processing of Signals*, John Wiley & Sons.
C. J. G. Proakis, Dimitris G. Manolakis, *Introduction to Digital Signal Processing*, Maxwell Macmillan International Ed.
D. Ingle, Proakis, *Digital Signal Processing using MATLAB*, Brooks/Cole.

LABORATORIO DI ELETTRONICA L-A **CE, cds: Ite**
Docente: **Enrico Sangiorgi**, prof. ord.

Programma del corso:
Introduzione all'uso di Spice: Rete RLC

Introduzione ai concetti fondamentali delle simulazioni circuitali con il programma SPICE, ed ai principali tipi di analisi offerti dal simulatore.

Modelli per Transistori: Logica CMOS Domino

Simulazione di transistori MOS, il concetto di model e descrizioni parametriche. Analisi delle porte logiche domino, pregi e difetti in confronto con porte logiche CMOS statiche

Utilizzo di Sotto-circuiti: Logica CMOS Domino II

Utilizzo di sottocircuiti nella descrizione di circuiti elettronici con SPICE. Porte logiche Domino con Keeper per evitare fenomeni di perdita di carica su nodi flottanti

Definizione di una libreria di Gates

Introduzione al concetto di sintesi logica. Implementazione di alcune funzioni logiche elementari attraverso una libreria di porte logiche elementari. Caratterizzazione della libreria stessa in termini di area e tempi di propagazione

Realizzazione di Multiplexer 2x1

Realizzazione di una porta Multiplexer in differenti configurazioni: a porte logiche, a transistori CMOS, basata su buffer 3-state, basata su pass transistor. Valutazioni di pregi e difetti di ciascuna soluzione.

Realizzazione di Latch e Flip Flop

Caratterizzazione di porte sequenziali: definizione e determinazione di tempi risposta, di setup e hold.

Generazione di un segnale di clk: Multivibratore Astabile

LABORATORIO DI GESTIONE INFORMATIZZATA DEI PROCESSI L CE, cds:Itt, Iti
Docente: **Paolo Lasagni,** prof. a contratto

Finalità del corso:
Il corso ha come oggetto l'organizzazione dei sevizi informatici delle imprese e lo studio dei processi di una direzione IT.

Il corso strutturato come un progetto informatico: dopo una prima analisi delle tecniche di pianificazione attivit si passa alla raccolta dei requisiti utente, alla preparazione degli studi di fattibilità, delle specifiche funzionali/tecniche per concludere con gli aspetti più rilevanti dell'esercizio dei sistemi.

Viene dedicata particolare attenzione al rapporto tra la modellazione dei processi aziendali e il disegno della soluzione informatica.

La didattica fortemente caratterizzata dall'utilizzo di casi in aula e sulla applicazione di quanto appreso presso aziende locali.

Dispense del corso:

1. La gestione dei progetti informatici;
2. Gestione domanda;
3. Fattibilità architetture;
4. Analisi funzionale;
5. Sviluppo e test;
6. Sviluppo e test;

Temi d'esame;
Seminario Architettura e Strategia,Dott. Luca Salis, Strategia IT Vodafone Italia.

Il caso:
Gestione della logistica della Cibo&Cibo.

- Gestione della logistica della Cibo&Cibo
- User Requirement logistica Cibo&Cibo
- Disegno dei Processi GESTMAG2_V1.BK1
- Disegno dei Processi gestmag2_v1.bp1
- Disegno dei Processi GESTMAG2_V1.ER1
- Disegno dei Processi Gestmag2_v1.eax
- Disegno dei Processi gestmag2_AsIs_v1.bp1
- Fattibilità logistica Cibo&Cibo
- Piano di lavoro del caso Cibo&Cibo
- Analisi funzionale logistica Cibo&Cibo

LABORATORIO DI NAVIGAZIONE AEREA

FO, cds: lsa

Docente: **Giovanni Battista Palmerini** prof. inc.

Programma

Richiami di principi e tecniche della navigazione aerea.

Applicazioni aeronautiche dei sistemi satellitari di navigazione. Caratteristiche, prestazioni e sorgenti di errore. Utilizzo del codice e della fase del segnale. Navigazione differenziale. Sistemi aumentati per la crociera e per l'avvicinamento e atterraggio.

Navigazione inerziale. Sensori inerziali: accelerometri e giroscopi. Piattaforme stabilizzate e sistemi a componenti solidali (strap-down). Gimbal-lock. Meccanizzazioni. Instabilità del canale verticale. Pendolo di Schuler. Centrali ridondanti.

Tecniche di trattamento dei dati provenienti da sorgenti differenti. Algoritmi di fusione dei dati. Il filtro di Kalman e le sue applicazioni in ambiente aerospaziale.

Riferimenti bibliografici:

M. KAYTON, W.R. FRIED "Avionics Navigation Systems", John Wiley & Sons, 1997.

B.W.Parkinson, J.J.Spilker "Global Positioning System: Theory and Apllications", AIAA, 1996.
D.H. Titterton, J.L. Weston "Strapdown Inertial Navigation Technology", Peter Peregrinus, 1997
A. Lawrence: "Modern Inertial Technology", Springer, 1993.
D.J. Biezad: "Integrated Navigation and Guidance Systems", AIAA Education Series, 1999.
P. Zarchan, H. Musoff: "Fundamentals of Kalman Filtering", AIAA, 2000.

LABORATORIO DI PROPULSIONE

FO, cds: lta,lsa, lsm

Docente: **Fabrizio Ponti** ric.

Programma del corso:

Turbina da elicottero Allison 250-C18

Schema di funzionamento. Fuel control ed apparati di controllo della turbina.
Introduzione alla gestione al banco della turbina.

Introduzione ai problemi delle misure

Teoria degli errori di misura, presentazione delle misure, propagazione degli errori.
Strumentazione per la misura delle grandezze di interesse per una sala prova motori aeronautici.
Campionamento ed aliasing.

Introduzione all'uso di Matlab e Simulink

Introduzione alle principali funzioni di Matlab e Simulink utili per l'elaborazione dei dati sperimentali.

Effettuazione prove sperimentali

Introduzione all'uso di una sala prove motori. Problematiche di sicurezza e gestione della prova al banco.
Rilevazione dati sperimentali.

Elaborazione dati sperimentali

Utilizzo dei dati sperimentali per lo sviluppo di un modello della turbina Allison 250-C18.
Elaborazione di un modello dinamico dell'accoppiamento turbina-banco prova motori.
Redazione di un elaborato scritto.

Modalità di svolgimento della prova finale

La prova consiste in un colloquio orale sugli argomenti del corso.

Testi di riferimento

Dispense in formato cartaceo ed elettronico fornite dal docente.

LABORATORIO DI RETI DI TELECOMUNICAZIONI LA

CE, cds: ltt

Docente: **Walter Cerroni**, prof. a contr.

Finalità del corso:

Il corso rappresenta un complemento agli insegnamenti di Reti di Telecomunicazioni LA ed LB e si propone di fornire esperienze didattiche nell'installazione e configurazione di servizi di rete in ambienti operativi di tipo public-domain.

Programma del corso:
Richiami sul TCP/IP

Il protocollo IP. Indirizzi IP e classi. Comando IPCONFIG. Formato del pacchetto IP. Protocollo ARP. Comando ARP. Subnetting e supernetting. Instradamento IP: direct delivery e indirect delivery. Tabelle di instradamento degli host. Comando ROUTE. Protocollo ICMP. Comandi PING e TRACEROUTE. Protocollo TCP. Connessioni TCP e multiplazione. Modello client-server. Well-known ports. Comando NETSTAT. Comando NMAP. Formato del pacchetto TCP. Procedura di apertura di connessioni TCP. Protocollo UDP.

Implementazione di alcuni servizi di rete su sistemi Linux

Introduzione a Linux come sistema operativo di rete. Configurazione delle interfacce di rete. Protocollo DHCP. Configurazione di un server e di un client DHCP. Implementazione di IP forwarding e IP aliasing. Implementazione di Firewall e NAT con IPTABLES. Implementazione di un open-router. Gestione dei servizi di rete: servizi stand-alone e supervisore dei servizi di rete. Controllo e modifica dell'avvio automatico dei servizi. Condivisione di risorse in rete. Domini NIS. Configurazione di un server e di un client NIS. Configurazione di un server e di un client NFS. Integrazione con reti Microsoft. Configurazione di un server SAMBA. Protocollo HTTP. Formato dei messaggi HTTP. Connessioni permanenti e non permanenti. Connessioni con e senza parallelismo. Configurazione server Apache. Cenni ad altri servizi per Internet: TELNET, FTP, SSH, DNS, posta elettronica.

Testi consigliati

Dispense del docente.
Manuali del sistema operativo Linux.
Documentazione on-line suggerita dal docente.

LABORATORIO DI SIMULAZIONE E OTTIMIZZAZIONE L **CE, cds: lti**
Docente: **Daniele Vigo** prof. ass.

Programma

Il corso propone di illustrare l'uso, l'implementazione e l'interfacciamento di algoritmi e package per la soluzione di problemi di ottimizzazione e decisione che si presentano in applicazioni industriali e gestionali.

1. Uso di package per la risoluzione di modelli di programmazione lineare continua (PL) ed intera (PLI): Costruzione di modelli PL/PLI. Struttura dei codici di calcolo per la risoluzione. Uso di linguaggi modellistici per PL/PLI (MPL, AMPL, ...). Uso solver per Excel per la risoluzione di PL/PLI. Interfacciamento ed interpretazione dei risultati.

2. Implementazione di algoritmi per problemi specifici di ottimizzazione: Instradamento di veicoli, taglio e impaccamento di oggetti, cammini a costo minimo. Aspetti implementativi e cenni alle strutture dati. Realizzazione ed interfacciamento di semplici algoritmi euristici.

3. Modelli di simulazione ad eventi discreti: Descrizione statica e dinamica di un sistema. Paradigmi modellistici (metodo della programmazione degli eventi, metodo della interazione dei processi). Costruzione di modelli di simulazione. Progettazione degli esperimenti ed uso della simulazione come strumento decisionale. Uso di un package di simulazione discreta (ARENA).

Organizzazione ed esami

Il corso prevede lezioni ed esercitazioni in laboratorio ed esercitazioni libere in laboratorio. L'esame consiste in un progetto di laboratorio e relativa discussione orale.

Testi Consigliati

Dispense a cura del docente (distribuite durante le lezioni e/o disponibili in rete)., Manuali dei package illustrati nel corso

LINGUAGGI E MODELLI COMPUTAZIONALI LS — CE, cds: S

Docente: **Antonio Natali,** prof. ord.

Obiettivi del corso

L'obiettivo principale del corso è studiare i linguaggi di programmazione come strumenti primari per la produzione di sistemi software, con particolare riferimento al rapporto tra lo spazio concettuale del linguaggio (semantica) e i meccanismi di supporto. Più specificatamente il corso intende:

presentare le basi teorico-fondazionali dei linguaggi delle famiglie imperativa, funzionale, logica e ad oggetti;

introdurre gli elementi fondamentali per il riconoscimento e la valutazione di frasi in linguaggi contest free e le metodologie di base per costruzione di interpreti (e compilatori);

approfondire il ruolo delle macchine virtuali come componenti di sistemi sicuri, scalabili e riconfigurabili.

Organizzazione del corso

Il corso prevede una stretta interazione tra la parte teorica e la parte pratica di laboratorio.

Materiale didattico

Vengono fornite dispense a cura del docente, sia in forma elettronica sia in forma cartacea. Possibili titoli di testi e manuali di consultazione saranno esposti sul sito web del docente **www-natali.deis.unibo.it**

Parte del materiale didattico verrà prodotto e fornito in accordo con i risultati del progetto API **(http://www.api.ei.unibo.it)**

LOGISTICA INDUSTRIALE LS — FO, cds: lsm

Docente: **Emilio Ferrari** prof. straord.

Finalità del corso:

Il corso tratta la gestione integrata del ciclo operativo dell'azienda, industriale o del terziario, attraverso le sue principali funzioni di gestione dei materiali (approvvigionamento delle materie prime e dei componenti), della produzione (progettazione prodotto, programmazione, fabbricazione, assemblaggio, controllo) e della distribuzione fisica dei prodotti finiti (movimentazione, stoccaggio, trasporto, imballo, ricezione e spedizione).

L'obiettivo è quello di fornire i criteri generali e i metodi quantitativi che presiedono alla scelta, alla progettazione e alla gestione di sistemi logistici, integrati e flessibili, capaci di realizzare

l'integrazione dei flussi fisici e dei flussi informativi per garantire un elevato livello qualitativo dei prodotti e del servizio ai clienti, la riduzione del tempo di risposta e il contenimento dei costi di produzione, e di far fronte con adeguata flessibilità al cambiamento continuo della gamma produttiva, conseguente alla variabilità e alla personalizzazione delle richieste del consumatore.

Programma del corso:

GENERALITÀ

Definizione della funzione logistica. Caratteristica del mercato odierno e ruolo della logistica. Principali classificazioni e richiami sugli impianti industriali.

L'EVOLUZIONE DEI SISTEMI PRODUTTIVI

Il concetto di integrazione del sistema di produzione. Computer Integrated Manufacturing – CIM.

IL BINOMIO PRODOTTO-IMBALLO E LE SCELTE LOGISTICHE

Innovazione e studio di prodotto. Il sistema prodotto-imballo. Le funzioni e le principali tipologie di imballaggio. Il pallet e la gestione EUR-EPAL. La logistica inversa dei rifiuti da imballaggio.

I SISTEMI FLESSIBILI DI FABBRICAZIONE – FMS.

Il concetto di Group Technology. I sistemi flessibili di fabbricazione (FMS) e i principali elementi costitutivi. La progettazione di un sistema FMS.

I SISTEMI AUTOMATICI FLESSIBILI DI ASSEMBLAGGIO

Generalità sull'assemblaggio automatico. Concetti di Design for Assembling. Elementi costitutivi di una linea flessibile di assemblaggio (FAS). Progettazione di una linea flessibile di assemblaggio automatico (FAS).

SISTEMI TRADIZIONALI DI TRASPORTO

Carrelli elevatori (transpallet, frontali, retrattili, bilateri,trilateri). Trasportatori rigidi (a rulli, a tapparelle, aerei, pneumatici).

SISTEMI FLESSIBILI DI TRASPORTO A GUIDA AUTOMATICA – AGV

Caratteristiche e controllo computerizzato dei sistemi AGV. Principali sistemi di guida. Criteri di progettazione di un sistema di trasporto flessibile con carrelli AGV.

SISTEMI MANUALI DI IMMAGAZZINAMENTO E STOCCAGGIO

La funzione dei magazzini, indici caratteristici. Modalità di immagazzinamento e tipologie di magazzini. Criteri di progettazione di un magazzino (giacenza e "attraversamento"). Automazione del flusso informativo nei sistemi di stoccaggio.

MAGAZZINI INTENSIVI AUTOMATIZZATI

Magazzini serviti da trasloelevatori. Metodi per la valutazione dei tempi di ciclo del trasloelevatore.

ELEMENTI DI LOGISTICA DISTRIBUTIVA

Flussi delle attività nella logistica distributiva. La modalità di trasporto come fattore competitivo. Intermodalità di trasporto. Scenari evolutivi del trasporto merci e della logistica.

IL FLUSSO INFORMATIVO DI PRODUZIONE NELLA LOGISTICA INTEGRATA

La gestione del flusso informativo di produzione. Il processo di programmazione e controllo. La pianificazione dei fabbisogni dei materiali. I sistemi a fabbisogno: Material Requirement Planning – MRP e il Just In Time – JIT. I sistemi a scorta: modelli a quantità di riordino fissa e a tempo di riordino fisso.

STRUMENTI AVANZATI PER LO STUDIO E LA PROGETTAZIONE DEI SISTEMI LOGISTICI

La teoria delle code. La simulazione numerica. La simulazione Monte Carlo.

LA MANUTENZIONE E LA LOGISTICA DEI RICAMBI NEI SISTEMI PRODUTTIVI

La funzione manutenzione nell'ottica aziendale. La manutenzione migliorativa. Richiami di teoria dell'affidabilità. Il sistema informativo di manutenzione. La gestione dei ricambi. La Total Productive Maintenance – TPM.

Esame: scritto e orale

Bibliografia

Testo consigliato:

PARESCHI A., FERRARI E., PERSONA A., REGATTIERI A., "Logistica Integrata e Flessibile", Ed. Esculapio, 2002.

Altri testi di consultazione:

PARESCHI A., "Impianti industriali", Progetto Leonardo, Società Editrice Esculapio, Bologna, 1994.
LAMBERT D, STOCK J., "Strategic Logistics Management", McGraw-Hill, 2001.
LOUIS R., "Integrating Kanban With Mrp II: Automating a Pull System for Enhanced Jit Inventory Management" Productivity Press, Portland, 2001.
BOARIO M., DE MARTINI M., DI MEO E., GROS-PIETRO G.M., "Manuale di Logistica", UTET, Torino, 1992, Voll. 1-2-3.
GRANDO A., "Logistica e produzione", UTET, Milano, 1996.
MONTE A., "Elementi di impianti industriali", ed. Libreria Cortina, Torino, 1982.
CARON F., MARCHET G., WEGNER R., "Impianti di movimentazione e stoccaggio dei materiali – criteri di progettazione", Hoepli, 1997.
TURCO F., "Principi generali di progettazione degli impianti industriali, C.L.U.P., Milano, 1978.
HERAGU S., "Facilities Design", Ed. PWS, Boston, 1997.
BRANDOLESE A., POZZETTI A., SIANESI A., "Gestione della produzione industriale", Hoepli, Milano, 1991.
DEL MAR D., "Operations and industrial management", McGraw-Hill, 1985.
TERSINE R.J., Production/operations management, North Holland, New York, 1985.
MORTIMER J., Logistics in manufacturing, Ed. IFS Ltd, UK/Springer Verlag, 1988.
FERROZZI C., SHAPIRO R.D., HESKETT J.L., "Logistica e strategia", 1-2, ISEDI, 1993, Torino.
BOWERSOX D.J., "Logistica, strategia e integrazione in azienda", Tecniche Nuove,1989, Milano.
HOLLIER R.H., "Automated guided vehicle systems, IFS Ltd., Bedford (UK), 1987.
HALL R., Obiettivo: scorte zero, Ed. ISEDI, Milano 1986.
MONDEN Y., Produzione Just-in-time, Ed. ISEDI, Milano, 1986.

MACCHINE L **FO, cds: Ita**

Docente: **Giovanni Naldi** prof. ass.

Programma del corso:

1. Fabbisogno mondiale di energia, fonti primarie e secondarie, rinnovabili e non rinnovabili. Bilanci energetico globale e dell'energia elettrica nazionali. Diagrammi di carico giornalieri, potenza di punta, media e installata. Potere calorifico dei combustibili e sua determinazione in via sperimentale ed approssimata. Calorimetro di Junkers e Bomba di Mahler. Massa e volume d'aria per la combustione teorica, combustione reale, diagramma di Ostwald.

2. Richiami di termodinamica: Gas perfetti e ideali. Diagrammi termodinamici T,s (entropico) e h,s (Mollier). Trasformazioni sui piani T,s e h,s. Equazioni di bilancio energetico per il sistema aperto in forma termica e meccanica.

3. Cicli degli impianti a vapore: Ciclo di Carnot. Ciclo Hirn: Influenza della pressione di caldaia e della pressione di condensazione, del surriscaldamento e del risurriscaldamento, sul rendimento dei ciclo. Cicli di Carnot equivalenti, temperatura media di somministrazione dei calore.

Scelta della pressione e della temperatura ottimali di risurriscaldamento. Impianto con uno o più spillamenti. Preriscaldatori a miscela e a superficie.

4. Generatori di vapore: Determinazione della temperatura di combustione. Rendimento del generatore di vapore per via diretta ed indiretta. Influenza dell'eccesso d'aria e del carico sul rendimento del generatore di vapore. Rugiada acida. Evoluzione dell'architettura dei generatori di vapore. Caldaia ad irraggiamento. Carico termico volumetrico. Estrazione di calore dai fumi. Preriscaldo dell'acqua e dell'aria. Diagrammi di scambio.

5. Cogenerazione: Definizione dei parametri principali per la caratterizzazione di un impianto cogenerativo (indice di utilizzazione dei combustibile, rendimento elettrico convenzionale, indice di risparmio di combustibile primario (UNI 8887). Impianto cogenerativo con turbina a vapore a contropressione. Impianto cogenerativo con turbina a vapore a condensazione - derivazione. Diagramma di funzionamento ai carichi parziali.

6. Cicli degli impianti di turbina a gas. Rendimenti isoentropico e politropico. Ciclo di Brayton. Cicli per turbina a gas complessi con doppia compressione e con doppia espansione. Cicli rigenerativi: valutazione del calore recuperabile e del rendimento. Architettura di gruppi turbogas, cenni sul raffreddamento delle pale.

7. Gruppi combinati gas-vapore: Diagrammi entropico e di scambio. Efficienza di recupero. Diagramma di Sankey e rendimento. Influenza delle caratteristiche dei cicli componenti sul rendimento totale del ciclo combinato. Cicli combinati con sezione a vapore a spillamenti e con più livelli di pressione.

8. Condensatore: Architettura e bilanci elementari.

9. Cicli termodinamici operatori: Cicli delle macchine per la produzione dei freddo. Caratteristiche dei fluidi frigoriferi: Proprietà termofisiche, di sicurezza e impatto ambientale. Cicli frigoriferi a doppia compressione e a due temperature di vaporizzazione.

10. Macchine volumetriche operatrici: Compressore volumetrico alternativo, diagrammi di indicatore ideale e reale. Rendimento volumetrico apparente e di carica. Pompe volumetriche alternative e rotative. Pompe oleodinamiche.

11. Turbine a vapore: Equazioni del moto per un osservatore mobile. Equazioni di Eulero ed alle energie cinetiche. Efflusso del vapore. Grandezze di ristagno. Equazione di Hugoniot. Ugello di De Laval. Turbina a vapore ad azione semplice, Limiti al salto entalpico sfruttabile. Architettura di varie tipologie di turbine a vapore. Turbina Curtis a salti di velocità. Turbina a salti di pressione, fattore di recupero. Tenute a labirinto. Turbina a reazione. Grado di reazione. Lavoro specifico e rendimento dello stadio di turbina a reazione. Limiti della turbina a reazione: Portata in volume all'ingresso. Turbina mista. Problemi allo scarico delle turbine a reazione. Macchine a più corpi, a doppio flusso. Equilibramento delle spinte assiali. Cenni sulla regolazione per parzializzazione e per strozzamento.

12. Macchine idrauliche operatrici a fluido incomprimibile. Pompa centrifuga: Architettura della macchina. Studio elementare del flusso secondo la teoria monodimensionale. Determinazione del punto di funzionamento della pompa in relazione alle caratteristiche dell'impianto. Curve caratteristiche. Leggi di trasposizione. Cenni alle normative di collaudo. Problemi di installazione: Adescamento e cavitazione. NPSH limite e d'impianto. Determinazione sperimentale della curva di NPSH limite. Ventilatori.

13. Macchine idrauliche motrici: Turbina Pelton: Architettura e dimensionamento di massima. Limitazione al rapporto d/D. Macchine poli-getto. Turbina Francis: Architettura. Grado di reazione. Velocità periferica di massimo rendimento. Utilizzazione dei tubo diffusore allo scarico delle turbine a reazione. Dipendenza dell'architettura delle turbine idrauliche a reazione dall'indice caratteristico. Turbina ad elica. Triangoli di velocità. Comportamento in regolazione, turbina Kaplan.

14. Motori a combustione interna alternativi: definizioni, principi di funzionamento. Analisi

termodinamica dei cicli per i M.C.I. ad accensione comandata e per compressione. Cicli Beau de Rochas (Otto), Diesel e Sabathè. Diagrammi di indicatore ideale limite e reale. Potenza e rendimento per via termica. Parametri caratteristici per il dimensionamento dei M.C.I: pressione media indicata ed effettiva, velocità media del pistone, rapporto corsa/diametro. Architettura dei motori a combustione interna, motori policilindrici. Motori a due tempi ad accensione comandata. Prestazioni dei motori a combustione interna: Curve caratteristiche di coppia, potenza e consumo specifico a piena ammissione ed in regolazione. Emissioni di inquinanti dai M.C.I. e metodi per il loro contenimento.

Testi consigliati:

CANTORE G., *Macchine*, Progetto Leonardo, 1995 BO, 3ª ed. 1999.
CORNETTI G., *Macchine idrauliche*, Il Capitello, TO, 1989, 2ª ed. 1991, rist. 1994.
CORNETTI G., *Macchine termiche*, Il Capitello, TO, 1989, rist. 1994.
FERRARI G., *Motori a combustione interna*, il Capitello, Torino.
LOZZA G., *Turbine a gas e cicli combinati*, Progetto Leonardo - Bologna.
MINELLI G., *Macchine idrauliche,* Pitagora, BO, s.d..
MINELLI G., *Motori endotermici alternativi*, Pitagora, BO, s.d..
MORANDI G., *Macchine ed apparecchiature a vapore e frigorifere*, Pitagora, BO.
NEGRI DI MONTENEGRO G., MORO D., NALDI G., *Corso di macchine - 1 Sistemi e componenti termici*, Pitagora, BO, 1992, nuova ed. 1998.
NEGRI DI MONTENEGRO G., NALDI G., PERETTO A., *Corso di macchine - 2 Macchine volumetriche Trasmissioni meccaniche*, Pitagora, BO, 1993.
SANDROLINI S., BORGHI M., NALDI G., *Turbomacchine Termiche - Turbine*, Pitagora, BO, 1992.
SANDROLINI S., NALDI G., *Macchine 1: Fluidodinamica e termodinamica delle turbomacchine*, Pitagora BO, 1996.
SANDROLINI S., NALDI G., *Macchine 2: Le turbomacchine motrici e operatrici*, Pitagora BO, 1997.

Modalità di svolgimento dell'esame: Discussione orale sugli argomenti indicati nel programma.

MACCHINE LS **FO, cds: lsm**

Docente: **Pier Ruggero Spina** prof. ass.

Finalità del corso

Il corso intende fornire metodologie di base per affrontare la progettazione termofluidodinamica delle turbomacchine a fluido incomprimibile e comprimibile.

Argomenti sviluppati

1) Definizione di turbomacchina; analisi dimensionale e teoria della similitudine; classificazione delle turbomacchine; correlazioni statistiche per il dimensionamento esterno delle turbomacchine.

2) Equazioni del flusso stazionario unidimensionale comprimibile di un gas perfetto in un condotto; flusso isentropico in un condotto di area variabile.

3) Macchine motrici a fluido comprimibile: lo stadio di turbina assiale, la trasformazione termodinamica, espressione degli angoli di flusso in funzione del grado di reazione e dei coefficienti di lavoro e di portata, criteri di scelta del grado di reazione e dei coefficienti di lavoro e di portata. Funzionamento in condizioni fuori progetto dello stadio di turbina, accoppiamento tra gli stadi,

la turbina multistadio, prestazioni globali della turbina. Il raffreddamento delle pale.

4) Macchine operatrici a fluido comprimibile: lo stadio di compressore assiale, la trasformazione termodinamica, funzionamento in condizioni fuori progetto dello stadio di compressore, accoppiamento aerodinamico tra gli stadi, prestazioni globali del compressore assiale multistadio. Il pompaggio e lo stallo rotante.

5) Aerodinamica dei profili: cenni. Prestazioni dei profili posti in schiera: valutazione dell'effetto schiera, determinazione della geometria delle schiere.

6) Accoppiamento compressore turbina. La regolazione dei turbogas.

7) Teoria monodimensionale delle macchine a fluido incomprimibile; procedure per il progetto di macchine a flusso radiale; valutazione dell'influenza del numero finito di pale; tracciamento del profilo palare con i metodi punto a punto e della rappresentazione conforme. Dimensionamento della voluta.

Modalità di svolgimento dell'esame:
orale

Testi consigliati

BETTOCCHI R. - *Turbomacchine* - Pitagora Ed., Bologna, 1986.
BETTOCCHI, R., Spina, P.R., - *Propulsione aeronautica con* turbogas (Appunti tratti dalle lezioni di Propulsione Aerospaziale II) - 2a Edizione - Pitagora Ed., Bologna, 2002.

Testi di consultazione

ACTON O. - *Turbomacchine* - UTET, 1986.
ACTON O., CAPUTO C. - *Introduzione allo studio delle macchine* - UTET, 1979
COHEN H., ROGERS G.F.C., Saravanamuttoo H.I.H. - *Gas Turbine Theory* – 5th Ed. – Prentice Hall, 2001.
CSANADY G.T. - *Theory of Turbomachines* - McGraw Hill, 1964.
CUMPSTY N.A. - *Compressor Aerodynamics* - Longman, 1990.
DIXON S.D. - *Fluid Mechanics, Thermodynamics of Turbomachinery* - Pergamon Press, 1978.
HILL P.G., PETERSON C.R. - *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion* - Addison Wesley, 1992.
HORLOCK J.H. - *Axial Flow Compressors* - Butterworths, 1958.
HORLOCK J.H. - *Axial Flow Turbines* - Butterworths, 1966.
LAZARKIEWICZ S.,TROSKOLANSKI A.T. - *Impeller Pumps* - Pergamon Press, 1965.
OSNAGHI G. - *Macchine fluidodinamiche* - CLUP, Milano, 1979.
PFLEIDERER C., PETERMAN H. - *Turbomacchine* - Tecniche Nuove, 1985
SANDROLINI S., BORGHI M., NALDI, G. – *Turbomacchine termiche. Turbine* – Pitagora, 1992.
SANDROLINI S., NALDI G. – *Macchine 1. Fluidodinamica e termodinamica delle turbomacchine* – Pitagora, 1997.
SANDROLINI S., NALDI G. – *Macchine 2. Le turbomacchine motrici e operatrici* – Pitagora, 1998.
VENTRONE G. - *Le turbomacchine* - Libreria Cortina, Padova, 1975.

MATEMATICA APPLICATA LA **CE, cds: ltt, lte, lti,ltb**
Docente: **Leonardo Seccia** prof. ass.

Programma del corso:
Statistica descrittiva

Tipi di variabili. Distribuzioni di frequenza. Grafici di distribuzioni di frequenza. Indici di posizione, di dispersione e di forma. Calcolo di media e varianza per dati raggruppati. Analisi comparative, correlazione di variabili.

Fondamenti di calcolo delle probabilità

Calcolo delle Probabilità:oggetto e metodi. Incertezza, eventi, valutazione della probabilità. Criteri di valutazione usuali (classico, frequentista). Probabilità soggettiva. Rapporti fra probabilità e statistica. Eventi e insiemi. Assiomi di Kolmogorov. Probabilità congiunta, probabilità condizionata, indipendenza. Teorema della probabilità totale. Teorema di Bayes.

Variabili aleatorie e modelli probabilistici

Variabili aleatorie discrete e continue. Funzione di ripartizione. Variabili aleatorie continue con densità. Caratteristiche numeriche delle variabili aleatorie: speranza matematica (media), varianza, scarto quadratico medio. Variabili correlate e non correlate, matrice di correlazione. Schema di Bernoulli. Distribuzione uniforme, discreta e continua. Leggi binomiale, geometrica, di Poisson, esponenziale e normale. Relazioni fra alcune di loro e con altre distribuzioni connesse. Distribuzione di probabilità delle funzioni di una o più variabili aleatorie: generalità e casi notevoli (funzione di una variabile aleatoria, somma di due variabili aleatorie, composizione di leggi normali). Successioni di variabili aleatorie: nozioni di limite. Disuguaglianza di Cebysev, Legge dei grandi numeri (formulazioni debole e forte, confronto). Funzione caratteristica di una variabile aleatoria; sua relazione con i momenti. Teorema limite centrale.

Statistica inferenziale

Stima puntuale. Campionamento da una popolazione normale. Stima per intervalli. Test di ipotesi. Inferenze sulle varianze di popolazioni normali. Il test chi-quadro di adattamento e di indipendenza.

Testi consigliati:

SHELDOM M. ROSS, *Probabilità e Statistica per l'Ingegneria e le Scienze*, Apogeo.
E.S. VENTSEL, *Teoria delle probabilità*, Ed. Mir.

MATEMATICA DISCRETA LS **CE, cds: S**
Docente: **Michele Mulazzani** prof. ass.

Programma del corso:
- Congruenze e loro applicazioni
- Grafi e loro applicazioni
- Reticoli e loro applicazioni

Testi consigliati

M. BARNABEI, F. BONETTI, *Matematica Discreta Elementare*, Pitagora Editrice, Bologna, 1995.
A. FACCHINI, *Algebra e Matematica Discreta*, Zanichelli, Bologna, 2000.
L. CHILDSI, *Algebra, un'introduzione concreta*, ETS Editrice, Pisa, 1989.

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE L **FO, cds: lta,ltm**
Docente: **Alessandro Rivola** prof. ass.

Finalità del corso:
Fornire le conoscenze di base per l'analisi funzionale delle macchine e dei meccanismi, con particolare riguardo ai problemi di tribologia, cinematica, cinetostatica e dinamica.

Programma del corso:
1. Composizione dei meccanismi. Macchine e loro classificazione. Macchina e meccanismo. Elementi cinematici e coppie cinematiche. Gradi di libertà di un meccanismo nel piano e nello spazio.
2. Rendimento meccanico. Forze agenti sui membri di un meccanismo. Lavoro delle forze. Equazione dei lavori. Rendimento meccanico. Rendimento di macchine in serie e in parallelo. Moto retrogrado. Rendimento nel moto retrogrado.
3. Attrito e usura. Forze di contatto. Attrito di strisciamento. Lavoro delle forze d'attrito. Leggi dell'attrito. Teoria elementare dell'attrito di strisciamento. Lubrificazione limite. Attrito di rotolamento. Usura. Tipi di usura e leggi dell'usura. L'attrito nelle coppie cinematiche. Coppia prismatica, piano inclinato, coppia rotoidale, coppia elicoidale. Distribuzione delle pressioni di contatto: coppia rotoidale di spinta e coppia rotoidale portante. Applicazioni di elementi rotolanti. Trasporto con rulli. Cuscinetti a rulli: analisi cinematica e distribuzione delle forze sui rulli. Comportamento delle ruote nella locomozione.
4. I sistemi articolati piani. Analisi cinematica per via grafica del manovellismo di spinta e del quadrilatero articolato. Analisi cinetostatica per via grafica. Analisi cinematica per via analitica dei sistemi articolati. Analisi cinetostatica per via analitica dei sistemi articolati. Esempi di sistemi articolati e loro impieghi particolari.
5. Ruote dentate. Tracciamento di profili coniugati. Profili ad evolvente. Proporzionamento delle dentature. Dentiera di riferimento. Cenni sulla fabbricazione delle ruote dentate. Ingranaggi cilindrici a denti dritti ed elicoidali. Ruote dentate coniche. Ingranaggio a vite e ruota a denti elicoidali. Forze trasmesse nelle dentature. Rotismi ordinari. Rotismi epicicloidali. Formula di Willis.
6. Organi flessibili. Puleggia fissa e puleggia mobile. Paranco. Paranco differenziale. Freni a nastro ordinari e differenziali. Trasmissioni a cinghie piatte. Cinghie trapezoidali.
7. Dinamica delle macchine. Azioni d'inerzia risultanti in un membro rigido nel moto piano. Espressione generale dell'energia cinetica di un membro rigido nel moto piano. Dinamica del manovellismo di spinta. Azioni d'inerzia risultanti e loro equlibramento. Regime periodico e grado di irregolarità. Calcolo del momento d'inerzia del volano.
8. Vibrazioni meccaniche. Sistemi vibranti e loro modellazione. Vibrazioni libere e forzate di un sistema vibrante smorzato con un solo grado di libertà. Risposta armonica. Eccitazione proporzionale al quadrato della pulsazione. Sospensione di una massa vibrante. Sospensioni sismiche. Sismografo e accelerometro.
9. Dinamica dei rotori. Squilibrio statico e dinamico di un rotore. Equilibramento su due piani. Risposta del rotore di Jeffcott allo squilibrio statico. Velocità critica flessionale.

Testi di riferimento

FUNAIOLI E., MAGGIORE A., MENEGHETTI U., *Lezioni di Meccanica applicata alle macchine*, Vol. I e II, ed. Pàtron, Bologna.
Dispense redatte dal docente.

Modalità di esame
Prova orale.

Propedeuticità consigliate
Meccanica Razionale L

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE LS **FO, cds: lsm**
MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE II
Docente: **Alessandro Rivola** prof. ass.

Finalità del corso:
Fornire concetti e metodi avanzati per la progettazione funzionale delle macchine e dei meccanismi e per l'analisi dei problemi connessi con il loro impiego.

Programma del corso:
1. *Sistemi articolati*. Richiami di cinematica. I sistemi articolati piani. Analisi cinematica con approccio modulare. Il quadrilatero articolato. Tracciamento delle traiettorie. Sintesi di un quadrilatero per la generazione di traiettorie. Sintesi cinematica con metodi analitici. La diade. Generazione di movimenti, traiettorie e funzioni. I sistemi articolati spaziali: il quadrilatero articolato spaziale. Analisi cinematica del giunto di Cardano. Analisi cinematica di sistemi articolati spaziali.
2. *Meccanismi con camme*. Legge di moto. Angolo di pressione. Tracciamento del profilo con metodo grafico. Tracciamento del profilo per via analitica con il metodo dell'inviluppo. Analisi cinematica: sistemi articolati equivalenti. Camma con punteria a coltello. Camma con punteria a rotella. Camma con punteria a piattello. Camma con bilanciere a rotella. Problema del sottotaglio.
3. *Ruote dentate*. Tracciamento di profili coniugati. Ruote dentate ad evolvente. Dentiera di riferimento, interasse di riferimento, interasse di lavoro, angolo di pressione di lavoro. Proporzionamento ruote normali. Ruote corrette. Segmento di azione; arco di azione; condizione di continuità; fattore di ricoprimento. Condizione di non interferenza. Cenni sul taglio delle ruote dentate. Misura Wildhaber. Correzione di ruote dentate. Ruote dentate a denti elicoidali. Ruote dentate coniche. Trasmissione del moto tra assi sghembi con ruote dentate.
4. *Tribologia*. Forze di contatto tra solidi. Coefficiente di attrito. Attrito colombiano. Teorie dell'attrito di strisciamento. L'usura. L'ipotesi di Reye. Le coppie cinematiche lubrificate. Viscosità: legge di Newton. Lubrificazione fluidodinamica. Lubrificazione fluidostatica.

Testi di riferimento

1. FUNAIOLI E., MAGGIORE A., MENEGHETTI U., *Lezioni di Meccanica applicata alle macchine*, Vol. I e II, ed. Pàtron, Bologna.
2. Dispense redatte dal docente.

Modalità di esame
Prova orale.

Propedeuticità consigliate
Meccanica applicata alle macchine L
Meccanica degli azionamenti L

MECCANICA DEI FLUIDI L **FO, cds: ltm**
Docente: **Irene Daprà** prof. ass.

Programma del corso:
Caratteristiche meccaniche e termodinamiche dei fluidi.
Analisi dimensionale.
Statica dei fluidi. Forze esercitate contro superfici piane e gobbe. Equilibrio e stabilità dell'equilibrio per corpi immersi e galleggianti.
Moti rigidi.
Cinematica dei fluidi. Derivata sostanziale. Traiettorie, linee di corrente, linee di fumo.
Equazioni cardinali, indefinite e globali di continuità e del moto.
Schema di fluido ideale. Equazione di Euler. Teorema di Bernoulli. Foronomia. Correnti e vene rettilinee.
Equazioni costitutive e meccaniche dei fluidi viscosi. Esempi di moto di fluidi viscosi. Cenni sulla teoria della lubrificazione.
Moto laminare e moto turbolento. Moto turbolento uniforme in condotta.
Perdite di carico distribuite e localizzate. Variazioni di sezione della condotta.
Progetto e verifica di una condotta. Impianti a gravità e impianti prementi. Pompe in serie e pompe in parallelo. Reti di condotte.
Azioni dinamiche di una corrente.
Moto vario nelle condotte. Manovre in condotte di derivazione da serbatoi.

Testi consigliati:

MARCHI - RUBATTA, *Meccanica dei fluidi*. Utet.
CITRINI - NOSEDA, *Idraulica Editrice*. Ambrosiana Milano.

MECCANICA DEI ROBOT LS **FO, cds: lsm**
Docente: **Vincenzo Parenti Castelli** prof. ord.

Programma del corso:
1. ORIGINE E STORIA DEI ROBOT. Introduzione. Origini. Stato attuale della robotica. Classificazione generale dei robot. Obiettivo della robotica industriale. Problematiche di studio della robotica industriale.
2. STRUTTURA E CARATTERISTICHE GENERALI DEI ROBOT. Introduzione. Configurazione base di un robot. Il manipolatore. Il controllo. Sensori. Caratteristiche generali di un robot industriale.
3. MATRICI DI TRASFORMAZIONE DELLE COORDINATE. Introduzione. Posizione e

orientamento di un corpo rigido e sistemi di riferimento. Matrici per la trasformazione delle coordinate. Rotazioni e traslazioni. Trsformazioni omogenee.

4. CINEMATICA DEI MANIPOLATORI. Introduzione. Modello cinematico di un manipolatore. Matrici di Denavit-Hartenberg e Litvin. Equazioni cinematiche. Gradi di libertà. Problema cinematico diretto. problema cinematico inverso. Relazioni differenziali del moto. Modello cinematico del moto istantaneo. Rotazioni e traslazioni infinitesime. Jacobiano di un manipolatore. Determinazione analitica dello jacobiano. Calcolo numerico dello jacobiano. Singolarità. Cinematica inversa: risoluzione delle velocità. Manipolatori con gradi di libertà ridondanti: soluzione ottimale (cenni).

4a. MANIPOLATORI PARALLELI. Analisi cinematica diretta.

5. STATICA DEI MANIPOLATORI. Introduzione. Analisi delle forze e dei movimenti. Bilanciamento di forze e momenti (cenni).

6. DINAMICA DEI MANIPOLATORI. Introduzione. Accelerazione di un corpo rigido. Formulazione delle equazioni del moto (Newton-Euler). Equazioni dinamiche in forma chiusa. Formulazione iterativa delle equazioni del moto. Interpretazione fisica delle equazioni dinamiche. Problema dinamico diretto. Problema dinamico inverso.

7. GENERAZIONE DELLA TRAIETTORIA. Introduzione. Considerazioni generali sulla generazione e descrizione della traiettoria. Generazione della traiettoria nello spazio dei giunti e nello spazio cartesiano. Programmazione della traiettoria usando il modello dinamico (cenni).

8. CONTROLLO DI POSIZIONE DEI MANIPOLATORI. Metodo della coppia calcolata (cenni).

9. ATTUATORI DEI ROBOT INDUSTRIALI E TRASMISSIONE DEL MOTO. Introduzione. Attuatori elettrici, pneumatici e idraulici (cenni). Riduttori harmonic-drive.

Esercitazioni:

1) Analisi di posizione inversa del PUMA
2) Analisi di posizione del meccanismo parallelo di tipo 6-6.
3) Elementi di dinamica
4) Dinamica di un manipolatore 2R spaziale
5) Generazione della traiettoria

Bibliografia

Testi consigliati: verranno messi a disposizione
Appunti dalle lezioni tenute dal Prof. Parenti Castelli e copia delle esrcitazioni, oltre che un elenco di testi, prevalentemente in lingua inglese, per eventuali approfondimenti della materia.

MECCANICA DEI SOLIDI E DELLE STRUTTURE LS **FO, cds: lsm**

Docente: **Lino Sciortino** ric.

Finalità del corso:

L'insegnamento si propone di fornire i concetti fondamentali della meccanica dei solidi e l'approccio metodologico all'analisi strutturale.

Programma:

Richiami di: Analisi della Deformazione ed Analisi della Tensione.
Il Principio dei Lavori Virtuali.

Il solido elastico: le ipotesi fondamentali - la legge di Hooke - il lavoro di deformazione.
Applicazioni del Principio dei Lavori Virtuali per lo studio di strutture isostatiche.
Deformata elastica delle travi.
Il Principio dei Lavori Virtuali per le travi.
I teoremi di Castigliano, Menabrea e Betti.
Studio di strutture isostatiche ed iperstatiche (strutture ad asse spezzato, strutture reticolari e strutture chiuse).
Utilizzo dell'elaboratore per l'analisi strutturale: generalità sugli "elementi finiti" - sviluppo ed utilizzo di programmi di calcolo.
Studio dell'equilibrio di sistemi elastici.
Lastre: comportamento membranale e flessionale delle lastre piane.
Cenni sul comportamento dei gusci.

Materiale didattico:
Verranno forniti ausili didattici da fotocopiare.

Modalità svolgimento esame:
prova scritta ed orale.

MECCANICA DEI TESSUTI BIOLOGICI BS **CE, cds: lsb**
Docente: **Luca Cristofolini**, prof. ass.

Finalità del Corso
Il corso si propone di fornire gli strumenti per analizzare le caratteristiche dei tessuti biologici, di analizzarle sistematicamente per i principali tessuti. Il corso ha una forte connotazione sperimentale.

Capacità in ingresso
Per affrontare correttamente il corso, si ritiene indispensabile che lo studente abbia acquisito le seguenti cognizioni:
- Fondamenti di analisi matematica (derivate, integrali, semplici equazioni differenziali, etc.)
- Analisi Matematica (1° anno)
- Fondamenti di calcolo matriciale - Geometria e algebra (1° anno)
- Unità di misura
- Concetti di forza, momento, lavoro, energia, etc.
- Fondamenti di dinamica
- Fondamenti di termodinamica - Fisica generale (1° anno)
- Concetto di atomo, molecola, etc.
- Tipi di legame atomico - Fondamenti di Chimica (1° anno)
- Concetti di gradi di libertà e di vincoli
- Equazioni di equilibrio e statica del corpo rigido- Biomeccanica L (2° anno)
- Meccanica dei continui
- Fondamenti di costruzioni
- Fondamenti di meccanica dei materiali
- Criteri di collasso - Comportamento Meccanico dei Materiali L-A (3° anno)
- Modelli di risposta visco-elastica

- Tessuti attivi e passivi
- Biomeccanica muscolo-scheletrica - Biomeccanica BS (4° anno)

Capacità in uscita

Al termine del corso, lo studente dovrebbe aver sviluppato la capacità di:
- Comprendere la risposta meccanica e tempo-dipendente dei tessuti.
- Sviluppare ed analizzare esperimenti per caratterizzare meccanicamente i tessuti.

Programma del Corso

Richiami sulla meccanica dei materiali:
- Elasticità.
- Plasticità.
- Visco-elasticità.

Struttura e composizione dei tessuti:
- Componenti strutturali dei tessuti biologici.
- Organizzazione e caratteristiche dei tessuti.

Classificazione dei principali tessuti:
- In base alla funzione.
- In base alle caratteristiche.

Caratterizzazione meccanica dei tessuti:
- Tipi di prove (trazione, flessione, compressione, etc).
- Strumentazione.

Modalità svolgimento esame

L'esame consta di una prove scritta ed una orale. Durante lo scritto, gli studenti possono usare libri, dispense e appunti, oltre alla calcolatrice. Per sostenere l'orale è necessario avere superato con buon esito lo scritto.

Testi e materiale didattico di supporto

Il corso si basa su dispense a cura del docente (sufficienti a coprire l'intero programma d'esame).

Lo studente può inoltre approfondire gli studi nei seguenti testi specialistici (facoltativo):

BEER F.P., RUSSEL J.E. "Scienza delle costruzioni. Introduzione alla meccanica dei materiali" McGraw-Hill Publ. (scienza delle costruzioni: teoria ed esempi)

NORDIN M., FRANKEL V.H. "Basic biomechanics of the musculoskeletal system" Lea & Febiger Publ.(esercizi ed esempi di biomeccanica)

BLACK J., HASTINGS G. "Handobbok of biomaterial properties" Chapman & Hall Publ. (proprietà dei materiali)

BRONZINO J.D. "The Biomedical engineering handbook" CRC Press - IEEE Press (riferimento generale)

PALASTANGA ET AL. "Anatomy and human movement" Butterworth-Heinemann Publ. (anatomia funzionale)

PIETRABISSA R. "Biomateriali per protesi e organi artificiali" Patron ed. (biomateriali)

MECCANICA DEL VOLO L **FO, cds: lta**
Docente: **Gian Marco Saggiani** prof. ass.

Finalità del corso:
La Meccanica del Volo studia il progetto aeromeccanico, la missione di volo, il controllo manuale e/o automatico, le qualità di volo di veicoli operanti in ambito atmosferico e spaziale. Le competenze del settore riguardano il progetto preliminare, le prestazioni, la stabilità, il controllo, lo studio della traiettoria e le problematiche di interfaccia uomo/macchina. Il corso si propone di introdurre lo studente nei problemi fondamentali della Meccanica del Volo con particolare riferimento alle prestazioni degli aeromobili ed ai concetti fondamentali della stabilità statica sia longitudinale che latero-direzionale. Lo studente, durante il corso, dovrà acquisire un livello di conoscenze sufficienti per affrontare semplici problematiche di natura aeromeccanica.

Programma:
Aeronautica generale
Architettura degli aeroplani e nomenclatura – Controllo dell'aeromobile e definizione di comandi positivi – Atmosfera standard – Velocità dell'aeromobile - Fattore di carico - Diagramma di manovra, raffica e inviluppo di volo

Nozioni di Aeromeccanica
Terne di riferimento in assi terrestri e assi corpo – Trasformazione fra le terne – Equazioni semplificate del moto - Polare del velivolo – Curve della trazione necessaria la volo – Curve della potenza necessaria al volo

Prestazioni dei velivoli
Velivoli propulsi a getto: volo livellato, autonomia oraria, autonomia chilometrica, volo quasi livellato, volo su traiettorie di salita - Velivoli propulsi ad elica: volo livellato, autonomia oraria, autonomia chilometrica, volo quasi livellato, volo su traiettorie di salita – Prestazioni su traiettorie di discesa – Manovre di virata – Manovra di decollo – Manovra di atterraggio

Stabilità statica longitudinale
Equilibrio in beccheggio – Controllabilità longitudinale del velivolo – Rigidezza in beccheggio a comandi liberi e fissi - Manovrabilità

Stabilità statica latero-direzionale
Momento di rollio ed imbardata – Rigidezza e controllo in imbardata – Rigidezza e controllo in rollio – Effetti di accoppiamento – Forze e momenti dovuti alle velocità angolari

Esercitazioni in aula
Verranno svolte esercitazioni riguardanti le prestazioni di un aeroplano commerciale.

Bibliografia

Libri di testo
CARLO CASAROSA, *Dispense del corso Meccanica del Volo*, Università di Pisa.
Dispense del corso

Libri di approfondimento
MARTIN E. ESHELBY, *Aircraft performance. Theory and practice*, Butterworth Heinemann.

MARIO ASSELIN, *An introduction to aircraft Performance*, AIAA Educational series.
B. W. MCCORMIK, *Aerodynamics, Aeronautics and Flight Mechanics*, John Wiley & Sons, inc.

Propedeuticità consigliate
Fisica generale
Meccanica razionale
Fluidodinamica

Modalità svolgimento esame
Esame finale orale

MECCANICA RAZIONALE L **FO, cds: lta,ltm**
Docente: **Leonardo Seccia** prof. ass.

Programma del corso:
Calcolo Vettoriale
Componente cartesiana di un vettore - Prodotto di uno scalare per un vettore - Somma di vettori - Prodotto scalare, vettoriale e misto - Doppio prodotto vettoriale - Vettori applicati - Risultante di un sistema di vettori- Momento polare, momento assiale - Asse centrale - Coppie - Opreazioni elementari -Riduzione di un sistema di vettori applicati- Sistemi piani di vettori- Sistemi di vettori paralleli - Vettori funzione -Operatori matriciali- Elementi di geometria differenziale delle curve.
Cinematica del punto
Velocità, accelerazione e loro proprietà - Spostamenti elementari ed effettivi - Moti piani - Formule di Binet.
Cinematica dei sistemi rigidi
Moto rigido - Equazioni cartesiane di un moto rigido - Angoli di Eulero- Formule di Poisson - Velocità angolare- Legge di distribuzione delle velocità, delle accelerazioni e degli spostamenti elementari - Classificazione e proprietà caratteristiche dei moti rigidi - Atti di moto.

Cinematica relativa
Teorema di addizione delle velocità - Teorema di derivazione relativa - Teorema di Coriolis - Mutuo rotolamento di due superfici rigide - Traiettorie polari nei moti rigidi piani.

Cinematica dei sistemi vincolati
Vincoli e loro classificazione - Rappresentazione analitica - Spostamenti possibili e virtuali.

Baricentri e momenti d'inerzia
Concetto di massa - Baricentro di un sistema particellare e continuo - Teoremi di ubicazione del baricentro - Definizione di momento d'inerzia - Teorema di Huygens -Steiner - Momento di inerzia rispetto ad assi concorrenti - Ellissoide d'inerzia - Giroscopi.

Cinematica delle masse
Quantità di moto - Momento della quantità di moto - Energia cinetica - Teorema del baricentro e teoremi di Koenig.
Lavoro
Definizione di lavoro elementare ed effettivo - Lavoro per un cammino finito- Forze conservative - Sistemi di forze e lavoro di un sistema di forze - Lavoro nel caso di corpi rigidi e di sistemi olonomi.

Principi della meccanica
Principio di inerzia - Principio di proporzionalità tra forza e accelerazione - Principio di azione e reazione - Principio del parallelogramma delle forze - Postulato delle reazioni vincolari - Principio di relatività galileiana - Principio di gravitazione universale.

Statica
Equilibrio di un punto materiale - Equazioni di un punto vincolato su una superficie - Meccanica terrestre: peso - Equazioni cardinali della statica - Principio delle reazioni vincolari - Principio dei lavori virtuali - Stabilità dell'equilibrio - Equilibrio di un sistema olonomo.

Dinamica del punto
Problemi analitici della dinamica del punto - Integrali primi delle equazioni di moto - Moto dei gravi - Oscillatori armonici, smorzati, forzati - Risonanza - Pendolo semplice - Punto mobile su una superficie prestabilita e su una traiettoria assegnata - Moti centrali - Problema dei due corpi - Deviazione dei gravi verso oriente.

Dinamica dei corpi rigidi
Equazioni di Eulero - Principio dell'effetto giroscopico - Moti alla Poinsot - Moto di un corpo rigido con un asse fisso.

Elementi di meccanica analitica
Principio di d'Alembert - Equazioni di Lagrange - Piccole oscillazioni nell'intorno di una posizione di equilibrio stabile.

Testi consigliati:

Teoria
A. Strumia, *Meccanica Razionale*, Nautilus, Bologna.
G. Grioli, *Lezioni di Meccanica Razionale*, Cortina, Padova.
M. Fabrizio, *La Meccanica Razionale e i suoi Metodi Matematici*, Zanichelli, Bologna
Esercizi
A. Muracchini, T. Ruggeri, L. Seccia, *Esercizi e temi d'esame di Meccanica Razionale*, Progetto Leonardo Esculapio, Bologna.
A. Muracchini, T. Ruggeri, L. Seccia, *Esercitazioni di Meccanica Razionale con Matlab e Simulink*, Progetto Leonardo Esculapio, Bologna.
Appendici
T. Ruggeri, *Appunti di Meccanica Razionale: Richiami di Calcolo Vettoriale e Matriciale*, Pitagora, Bologna.

METODI DI OTTIMIZZAZIONE LS **CE, cds: S**
Docente: **Daniele Vigo** prof. ass.

Programma
Il corso illustra i principali strumenti messi a disposizione dalla Ricerca Operativa per la soluzione dei problemi decisionali e di ottimizzazione che si presentano in campo industriale e gestionale.

1. Introduzione: Problemi decisionali e di ottimizzazione. Modelli dei problemi decisionali e di ottimizzazione e loro classificazione. Metodologia della Ricerca Operativa. Algoritmi esatti ed euristici.

2. Modelli ed algoritmi di Teoria dei Grafi: Generalità e definizioni. Problemi di determinazione di alberi a costo minimo. Problemi di determinazione di cammini a costo minimo. Problemi di flusso su rete: flusso massimo. Cenni a problemi più complessi (Commesso viaggiatore, instradamento di veicoli ...).

3. Complessità computazionale degli algoritmi: Classi P ed NP. Problemi NP-completi, Problemi pseudo-polinomiali.

4. Ottimizzazione lineare: Forma canonica e standard di un problema di ottimizzazione lineare. Soluzioni ammissibili e soluzione base. Algoritmo del simplesso: interpretazione geometrica, criterio di ottimalità, degenerazione, determinazione di una soluzione base iniziale. Analisi di sensitività. Teoria della dualità ed algoritmo del simplesso duale. Uso di un package di risoluzione.

5. Ottimizzazione lineare intera: Formulazioni di un problema di ottimizzazione lineare intera. Soluzione grafica. Totale unimodularità. Metodo branch and bound. Metodo Cutting Plane. Introduzione a metodi più avanzati: Branch and Cut e Column Generation. Uso di un package di risoluzione. Illustrazione di modelli per problemi applicativi specifici (instradamento di veicoli, layout e gestione di reti di telecomunicazione...).

Organizzazione ed esami

Il corso prevede lezioni in aula, esercitazioni in aula ed in laboratorio ed esercitazioni libere in laboratorio. L'esame prevede una prova scritta ed una prova orale integrativa.

Bibliografia

Testi Consigliati

Dispense a cura del docente (distribuite durante le lezioni e disponibili in rete).

Testi per consultazione:

S. Martello, D. Vigo, *Esercizi di ricerca operativa*, Progetto Leonardo, Bologna, 1999.
S. Martello, *Lezioni di ricerca operativa*, Progetto Leonardo, Bologna, 2002.
M. Fischetti, *Lezioni di ricerca operativa*, Edizioni Libreria Progetto, Padova, 1995.
C. Vercellis, *Modelli e decisioni*, Progetto Leonardo, Bologna, 1997.
M. Dell'Amico, *120 esercizi di ricerca operativa*, Bologna, Pitagora, 1996.
P. Toth, D. Vigothe, *Vehicle Routing Problem*, Siam, Philadelphia, 2002.
C. H. Papadimitriou, K. Steiglitz, *Combinatorial Optimization: Algorithms And Complexity*, Englewood Cliffs (NJ), Prentice-hall, 1982.

METODI DI PROGETTO PER L'INGEGNERIA INDUSTRIALE LS **FO, cds: lsm**
Docente: **Francesca De Crescenzio,** ric.

Finalità del corso:

Il corso si propone di descrivere il percorso di progettazione di un prodotto industriale attraverso la definizione dei modelli geometrici che ne descrivono l'aspetto estetico e le funzionalità nel rispetto dei requisiti di ergonomia, affidabilità e sicurezza. Si pone l'accento sul ruolo centrale assunto dalle tecniche di grafica computazionale grazie all'introduzione di strumenti di supporto alla progettazione per la realizzazione e l'analisi dei modelli di progetto.

Una parte del corso è dedicata allo svolgimento di esercitazioni in aula informatica. Tali esercitazioni si basano sull'uso di programmi di Disegno e Progettazione Assistita dal Calcolatore.

Programma:

1. IL PROCESSO DI PROGETTAZIONE INDUSTRIALE
Modelli di progettazione
Progettazione tradizionale
Progettazione concorrente
Progettazione collaborativa

2. STRUMENTI DI AUTOMAZIONE ED INTEGRAZIONE DELLA PROGETTAZIONE MECCANICA
CAD (Comuputer Aided Design)
Fondamenti di Progettazione assistita dal calcolatore CAE(Computer Aided Engineering)
CAID (Computer Aided Industrial Design)
Fondamenti di Produzione assistita dal calcolatore CAM(Computer Aided Manufacturing)
PDM (Product Data Management)
EDM (Enterprise Data Management)

3. STRUMENTI DI AUTOMAZIONE ED INTEGRAZIONE DELLA PROGETTAZIONE MECCANICA
Ingegneria Inversa
Prototipazione rapida
Realtà Virtuale, Prototipazione Virtuale, DMU(DigitalMockUp) ed interazione uomo macchina nell'ambito della progettazione industriale.

4.DECISIONI IN CONDIZIONI DI INCERTEZZA
Approccio decisionale fuzzy
Sistemi esperti (Knowledge Based) per la progettazione.

5.CAD e MODELLAZIONE GEOMETRICA
Modelli geometrici in Computer Grafica
Sistemi di coordinate
Modellazione solida
Approcci CSG e B-rep.

6.CAD e MODELLAZIONE GEOMETRICA
Rappresentazione delle curve
Rappresentazione delle superfici
Algoritmi di resa fotorealistica

7. CONCETTI BASE DI:
Progettazione affidabilistica
Progettazione robusta
Ciclo di vita del prodotto

Testi Consigliati:

Lucidi del corso
GARY R. BERTOLINE, ERIC N. WIEBE, "Fondamenti di Comunicazione Grafica", Mc Graw-Hill
M.E. MORTENSON, *Modelli Geometrici in Computer Graphics*, Mc Graw Hill
C MCMAHON, J. BROWNE, CAD CAM: from principle to practice, Addison-Welsey
Estratti da manuali CAD

METODI E MODELLI PER IL SUPPORTO ALLE DECISIONI LS **CE, cds: S**
Docenti:**Daniele Vigo**, prof. ass.

Programma

Il corso approfondisce gli strumenti di ottimizzazione disponibili per la soluzione dei problemi decisionali e di ottimizzazione che si presentano in campo industriale e gestionale. Le metodologie illustrate sono applicate a problemi specifici di ottimizzazione di reti di telecomunicazione e di reti logistiche.

1. Metodi esatti per problemi di ottimizzazione intera: Richiami sulla classificazione degli algoritmi: algoritmi esatti ed euristici. Tecniche di rilassamento e decomposizione dei problemi. Metodo Branch and Cut e Branch and Price. Illustrazione ed uso di package di ottimizzazione.

2. Metodi euristici. Fondamenti e classificazione. Tecniche di Ricerca Locale. Illustrazione dei principali paradigmi metaeuristici. Cenni all'approssimabilità dei problemi.

3. Applicazioni all'ottimizzazione di reti di telecomunicazione e reti logistiche. Introduzione ai problemi e loro formalizzazione. Realizzazione di algoritmi esatti ed euristici per problemi di ottimizzazione su reti e di routing di veicoli. Caratteristiche dei Sistemi per il supporto alle decisioni.

Organizzazione ed esami

Il corso prevede lezioni in aula, esercitazioni in aula ed in laboratorio ed esercitazioni libere in laboratorio. L'esame prevede una prova scritta ed una prova orale integrativa.

Bibliografia:

Testi Consigliati
Dispense a cura del docente (distribuite durante le lezioni e disponibili in rete).

Testi per consultazione:
S. PALLOTTINO, A. SCIOMACHEN (a cura di), *Scienze delle decisioni per i trasporti*, Franco Angeli, Milano, 1999.
M. FISCHETTI, *Lezioni di ricerca operativa*, Edizioni Libreria Progetto, Padova, 1995.
C. VERCELLIS, *Modelli e decisioni*, Progetto Leonardo, Bologna, 1997.
P. TOTH, D. VIGO, *The Vehicle Routing Problem*, Siam, Philadelphia, 2002.

C. H. PAPADIMITRIOU, K. STEIGLITZ, *Combinatorial Optimization: Algorithms And Complexity*, Englewood Cliffs (NJ), Prentice-hall, 1982

METODI MATEMATICI PER L'INGEGNERIA LS **FO, cds: lsa,lsm**
Docente: **Davide Guidetti** prof. straord.

Spazi normati e di Banach; spazi di Hilbert e sistemi ortonormali; applicazione alle serie di Fourier; funzioni di una variabile complessa; trasformata di Fourier; applicazione ad alcune equazioni della fisica matematica; elementi di calcolo delle probabilità

Testi d'esame:

Appunti del docente (per ciascuno dei corsi).

Modalità d'esame: questionario a risposte multiple + due domande di teoria scritte; a seguire prova orale.

METODI NUMERICI PER L'INGEGNERIA LS **FO, cds: lsa,lsm**
Docente: **Serena Morigi** ric.

Scopo del corso

Il corso si propone di fornire le nozioni e gli strumenti di calcolo necessari per la soluzione di problemi classici dell'ingegneria e della matematica applicata. Il corso prevede un'attività di laboratorio che ne costituisce parte integrante in cui si utilizzerà il software MATLAB.

Programma del corso

– Numeri finiti, errori di arrotondamento, algoritmi, condizionamento di un problema, stabilità numerica
– Richiami sulle matrici e Introduzione all'ambiente MATLAB – Norme di vettori e di matrici.
– Sistemi di equazioni lineari. Metodi diretti: Fattorizzazione LU di una matrice, il metodo di eliminazione di Gauss, strategie di pivoting, algoritmo di Cholesky. Metodi iterativi: Metodo di Jacobi, Gauss-Seidel, SOR, Metodo del gradiente coniugato
– Equazioni e sistemi non lineari Metodo di bisezione, metodo di Newton.
– Interpolazione ed approssimazione Interpolazione polinomiale, formula di Lagrange e Newton, differenze divise. Funzioni splines, interpolazione spline. Interpolazione in più dimensioni. Approssimazione ai minimi quadrati. - Integrazione numerica: formule di quadratura di Newton Cotes, formule adattive, integrazione in più dimensioni.
– Autovalori e autovettori
– Equazioni differenziali ordinarie: Metodi ad un passo, equazioni stiff, problemi ai valori al contorno, metodi multistep, Differenze finite, FEM.

Testi di Riferimento

G. MONEGATO, *Fondamenti di Calcolo Numerico*. Ed. CLUT, 1998.
A. QUARTERONI, *Modellistica Numerica per problemi differenziali*, Springer-Verlag, Italia, 2000.

MICROSISTEMI PER L'ACQUISIZIONE DELL'INFORMAZIONE LS **CE, cds: S**
Docente: **Marco Tartagni**, ric.

Finalità del corso:
Il corso ha come obiettivo quello di fornire allo studente le conoscenze di base per la comprensione e l'utilizzo dei trasduttori elettronici. Il corso si propone di affrontare l'argomento da un punto di vista sistemistico, enfatizzando gli elementi comuni delle diverse tipologie di sensori e fornendo allo studente gli strumenti essenziali per la loro valutazione e caratterizzazione.

Il corso dedica una parte non trascurabile ai sistemi di acquisizione, comunicazione e fusione dati provenienti da sistemi mono e multisensoriali, inquadrabile nelle problematiche ICT nonché una parte relativa ai biosensori, motivata dalla forte rilevanza (20%) di questo settore nel mercato dei sensori globale.

Programma
- Sorgenti di rumore dei trasduttori elettronici;
- Problematiche di trasduzione fisico-elettrica: sensibilità, rapporto segnale/disturbo, dinamica;
- Sensori ottici: tipologie e prestazioni. Sensori singoli ed array. Prestazioni e parametri caratteristici dei trasduttori ottici;
- Sensori meccanici ed inerziali: tipologie e prestazioni dei sensori di forza, pressione, accelerazione e momento;
- Sensori chimici e di gas;
- Elementi di fabbricazione di microsistemi.
- Introduzione ai sensori ed attuatori biologici. Elementi di biologia cellulare per le finalità del corso;
- Chip per la genomics (microarray e DNA chips), proteomics e cellomics.
- Chip per applicazioni biomediche. Sistemi microfluidici ed elettroosmotici. Fabbricazione di sistemi microfluidici.
- Elementi di elaborazione elettronica dei segnali provenienti da sensori;
- Sensing in tensione, carica e corrente;
- Elaborazione analogica del segnale. Conversione analogico/digitale e problematiche associate;
- Strumentazione per la misura e la caratterizzazione dei trasduttori;
- Sistemi di acquisizione e comunicazione dei dati provenienti dai trasduttori. Uso di periferiche PC per la caratterizzazione di sensori.
- Sistemi multisensoriali: sincronizzazione delle acquisizioni dati multipoint e acquisizioni real-time. Problematiche di fusione ed elaborazione dati. Acquisizione multimediale di sensori posizionati in ambienti remoti.

Testi di riferimento:

PALLAS-ARENY, WEBSTER: *Sensors and signal conditioning*, Wiley, 2001.

MISURE ELETTRONICHE LA **CE, cds: Ite**
Docente: **Gaetano Pasini** prof. ass.

Programma del corso:
Elementi di metrologia elettrica. Unità di misura. Metodi di misura. Errori sistematici, alea-

tori e loro propagazione. Elaborazione statistica dei risultati di misura. Caratterizzazione metrologica degli strumenti e dei blocchi funzionali. Misure convenzionali e norme.

Misure in corrente continua. Campioni di resistenza e di forza elettromotrice. Amplificatori e attenuatori di precisione. Indicazione analogica e digitale. Misure di corrente, tensione, resistenza e potenza. metodi di zero e di sostituzione.

Misure in corrente alternata. Circuiti equivalenti del resistore, del condensatore e dell'induttore. Campioni di capacità ed induttanza. Parametri parassiti dei circuiti. Misure di impedenza. Convertitori alternata-continua di precisione. Misure di corrente, tensione e potenza. Misure con strumenti oscillografici: oscilloscopi, analizzatori di spettro ed analizzatori di reti.

Misure di tempo e di frequenza. Campioni di tempo e frequenza. Frequenzimetri ed intervallometri a contatore.

Misure su segnali campionati. Strategie di campionamento: sincrono, asincrono ed aleatorio. Elaborazione numerica dei segnali campionati. Caratteristiche e prestazioni degli strumenti a campionamento.

MODELLI DI SISTEMI BIOLOGICI BS

CE, cds: lsb

Docente: **Gianni Gnudi** prof. straord.

Finalità

Il corso si propone di fornire le conoscenze di base e gli strumenti essenziali per l'analisi modellistica dei fenomeni e dei processi biofisici fondamentali e per la comprensione del comportamento dei sistemi biologici complessi.

Programma

Introduzione alla modellistica dei sistemi biologici

Proprietà generali del comportamento dei sistemi biologici. Problemi e approcci dell'analisi dei sistemi applicata agli organismi viventi. Modelli dei dati e del sistema. Generalità sull'uso dei modelli matematici per la soluzione dei problemi di analisi, simulazione, identificazione e controllo. Generalità sulla validazione dei modelli.

Modelli lineari

Concetto di stato. Equazioni di stato in forma canonica. Equazioni vettoriali lineari omogenee. Equazioni vettoriali lineari non omogenee. Matrice di trasferimento. Scelta del vettore di stato. Stabilità nel senso di Liapounoff. Stabilità e stretta stabilità dei sistemi lineari. Stabilità dello stato e stabilità della funzione di trasferimento. Equazioni di stato e funzione di trasferimento dei sistemi in retroazione. Proprietà generali dei sistemi in retroazione. Modello della respirazione di Cheyne-Stokes. Esempi di modelli a parametri distribuiti.

Modelli non lineari

Confronto fra sistemi lineari e non lineari. Linearizzazione. Analisi nel piano delle fasi. Stabilità locale: punti singolari e loro classificazione. Metodo delle isocline. Oscillatori non lineari. Cicli limite. L'oscillatore di Van der Pol. Modelli delle disritmie cardiache. Modello elettrico di membrana e modello di Hodgkin-Huxley per il potenziale di azione. Esempi di sistemi biologici a dinamica complessa.

Il corso è integrato da esercitazioni al calcolatore basate sull'uso del pacchetto MATLAB-SIMULINK.

Testi consigliati

Appunti dalle lezioni distribuiti dal docente.

M.C.K. KHOO, *Physiological control systems: analysis, simulation, and estimation*, IEEE Press, New York, 2000.

S.H. STROGATZ, *Nonlinear Dynamics and Chaos*, Westview Press (Perseus Books Group), 1994.

MODELLI FISICO-MATEMATICI PER L'INGEGNERIA INDUSTRIALE LS

FO, cds: lsa,lsm

Docente: **Leonardo Seccia** prof. ass.

Programma del corso:

Sezione 1: Introduzione

I principali modelli usati in ambito scientifico: considerazioni epistemologiche ed esempi; alcuni richiami sugli strumenti matematici; breve introduzione sulla teoria della propagazione ondosa; indicazioni sintetiche sull'utilizzo dei supporti di calcolo per le applicazioni, per esempio a) Matlab con i relativi Toolbox, b) il programma di modellazione e simulazione FEMLAB, con i rispettivi moduli aggiuntivi, che lavora in ambiente Matlab e c) Fluent.

Sezione 2: Fenomeni di evoluzione termo-meccanica in un continuo

Struttura delle equazioni della fisica-matematica: leggi di bilancio ed equazioni costitutive; classificazione dei modelli in base alla loro struttura differenziale; principali modelli della termomeccanica dei continui solidi e fluidi; esempi ed applicazioni riguardanti la propagazione del calore, la fluidodinamica anche in presenza di moti turbolenti e fenomeni di propagazione non lineare, in particolare onde d'urto.

Sezione 3: Analisi delle immagini per applicazioni scientifiche

Dagli oggetti alle immagini; modelli e algoritmi per la ricostruzione, il restauro e l'analisi delle immagini; modelli per la misura del colore.

Sezione 4: Analisi multidimensionale dei dati

La costruzione delle matrici dei dati; il modello dell'analisi fattoriale esplorativa; analisi in componenti principali e criteri di interpretazione; esempi ed applicazioni numeriche.

Sezione 5: Modelli e metodi di simulazione su strutture materiali

Modelli in scala, modelli matematici discreti, modelli fisici e modelli virtuali: vari esempi di integrazione ed applicazioni a casi significativi.

Bibliografia sintetica

I. MÜLLER, T. RUGGERI, *Rational Extended Thermodynamics*, Springer Tracts in Natural Philosophy vol. 37, 2ª edizione, Springer-Verlag editore, 1998.

A. N. TICHONOV, A. A. SAMARSKIJ, *Equazioni della Fisica Matematica*, edizioni Mir, 1981.

G. B. WHITHAM, *Linear and Nonlinear Waves*, John Wiley & Sons, 1974.

C. OLEARI (a cura di), *Misurare il colore*, Hoepli editore, 1998.

S. BOLASCO, *Analisi Multidimensionale dei Dati*, Carrocci editore, 1999.

MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA LS **FO, cds: lsm**
Docente: **Davide Moro** prof. straord.

Finalità del corso:
Il corso si propone di fornire agli allievi ingegneri meccanici una conoscenza approfondita dei motori ad accensione comandata e per compressione.

Programma
Architettura generale di un motore alternativo e richiami ai cicli Beau de Rochat, Diesel e Sabathè.

Motori ad accensione comandata a 4 tempi: la dinamica del collettore d'aspirazione e della benzina, i metodi speed-density e (a,N) per la determinazione della massa d'aria aspirata dal motore. Il controllo della miscela aria-benzina in loop chiuso con sonda lambda. Correzioni per garantire il rapporto stechiometrico alla miscela aria/benzina durante i transitori di farfalla. I sistemi drive-by-wire. La detonazione e il controllo delle emissioni.

Motori Diesel a quattro tempi: i sistemi di iniezione per motori ad accensione per compressione, il controllo delle emissioni.

Le curve caratteristiche a pieno carico e in parzializzato.

La diagnosi del buon funzionamento dei sensori ed attuatori nei motori a combustione interna. La diagnosi delle mancate combustioni nei motori ad accensione comandata.

Motori a due tempi e sovralimentazione volumetrica e dinamica.

Modalità d'esame:
L'esame consiste in una prova orale. Si richiede agli studenti in lista per l'esame di inviare al Docente un e-mail di conferma della propria presenza un paio di giorni prima della data dell'appello. L'assenza di comunicazione verrà intesa come rinuncia da parte dello studente a sostenere l'esame.

NAVIGAZIONE AEREA L **FO, cds: lta**
Docente: **Giovanni Battista Palmerini** prof. inc.

Programma
Richiami di cartografia e geodesia.
Navigazione a vista. Navigazione astronomica. Navigazione magnetica. Navigazione isobarica. Introduzione alla radionavigazione. Elementi di radiopropagazione.
Radionavigazione assistita da stazioni terrestri, a breve, medio e lungo raggio: radiogoniometro, VHF Omnidirectional Ranging (VOR), Distance Measurement Equipment (DME), Instrumental Landing System (ILS), Omega, Long Range Navigation (LORAN).
Radionavigazione assistita da sorgenti satellitari: Global Positioning System e GLONASS. Errori e prestazioni. Navigazione differenziale. Sistemi satellitari aumentati (WAAS, LAAS, EGNOS) Sistemi autonomi. Navigazione inerziale. Sensori inerziali: accelerometri e giroscopi. Piattaforme stabilizzate e sistemi a componenti solidali (strap-down). Meccanizzazioni.

Riferimenti bibliografici:

M. KAYTON, W.R. FRIED "Avionics Navigation Systems", John Wiley & Sons, 1997.
J. POWELL "Aircraft Radio Systems", Pitman, 1981.
V. NASTRO, G. MESSINA "Navigazione Aerea", Hoepli, 2001.
E.D.KAPLAN: "GPS Principles and Applications", Artech House, 1996.
D.H. TITTERTON, J.L. WESTON "Strapdown Inertial Navigation Technology", Peter Peregrinus, 1997.

ORGANI ARTIFICIALI BS **CE, cds: lsb**

Docente: **Francesco Paolini**, prof. a contr.

Obiettivi didattici

Il corso, gestito da docenti provenienti dall'ambito industriale, si propone di fornire nozioni di base sugli aspetti metodologici e tecnologici riguardanti lo studio, il progetto e l'industrializzazione di organi artificiali.

Gli organi artificiali sono impiegati per sostituire parzialmente o totalmente un organo umano le cui funzionalità risultano essere compromesse in maniera temporanea o permanente.

Gli argomenti di questo corso sono relativi al caso specifico dell'emodialisi e sono inquadrati nell'ambito più generale della gestione di un progetto industriale.

Infine, sono previste esercitazioni di carattere applicativo riguardanti alcuni dei contenuti trattati a livello teorico.

Argomenti trattati

- Introduzione: sostituzione della funzione renale attraverso la dialisi
- Il rene: aspetti fisiologici, patologici e clinici
- Sistemi per la dialisi: apparecchiature e aspetti legati al paziente
- Filtri per dialisi: principi di funzionamento e caratteristiche
- Terapie dialitiche
- Approfondimenti su alcuni sensori presenti in un sistema per la dialisi (rivelatori di bolle d'aria, celle di conducibilità, sensori ottici, misuratori di pressione ematica, ecc.). Caratterizzazione ed analisi di un sensore
- Cinetica e modellistica di processi biochimici coinvolti nella terapia dialitica (es. cinetica dell'urea)
- Gestione di un progetto: organizzazione delle attività, analisi di rischio, gestione di un *clinical trial*
- Innovazione e proprietà intellettuale
- Sistema Qualità (Normative e Marchi di qualità)

PRINCIPI E METODOLOGIE DELLA PROGETTAZIONE MECCANICA LS **FO, cds: lsm**

Docente: **Dario Croccolo** prof. ass.

Programma del corso:

Parte prima: aspetti generali

Introduzione alla progettazione meccanica: tipologia, impostazione, sviluppo e gestione del progetto.

Le fasi e lo sviluppo funzionele del progetto.
La progettazione simultanea: tempi, costi e qualità della progettazione e dei prodotti.
L'analisi dei requisiti, delle specifiche e degli obiettivi del progetto: QFD (Quality Function Deployment).
L'analisi di affidabilità e dei guasti: FMEA (Failure, Mode, Effects, Analysis)
Principi di progettazione metodica:
La chiarificazione del compito e la stesura della specifica.
Il progetto concettuale.
Il progetto di dettaglio.
L'industrializzazione e la fabbricazione del prodotto.
Il progetto per la fabbricazione: DFM (Design For Manufacture).
Il progetta per il montaggio e l'assemblaggio: DFA (Design For Assembly).
Le verifiche sperimentali del progetto e dei componenti: DOE (Design Of Experiment).

Parte seconda: progetto e calcolo dei componenti delle macchine
Teoria membranale. Calcolo dei recipienti in pressione di piccolo spessore.
Teoria dei tubi di forte spessore. Calcolo dei recipienti in pressione di forte spessore. Calcolo degli accoppiamenti albero-mozzo per interferenza.
Accoppiamenti albero-mozzo.
Vibrazioni flessionali e torsionali e velocità critiche degli alberi.
Elementi elastici.

Esercitazioni

Sono previste le seguenti esercitazioni che saranno oggetto di discussione durante la prova d'esame:

Progetti svolti da gruppi di studenti su temi concordati;
Esercitazioni sul dimensionamento di organi di macchine e di recipienti in pressione.

Bibliografia

Testo adottato
Dispense del corso "Principi e metodologie della progettazione meccanica" redatte dal Prof. Alessandro Freddi
Appunti delle lezioni

Testi di consultazione

PAHL G. E BEITZ W, "Engineering Design", Springer Verlag, 1988.
ULLMAN G.D., "The Mechanical Design Process", Mc Graw-Hill, 1992.
ULRICH KARL T., EPPINGER D., "Progettazione e sviluppo di prodotto", Mc Graw-Hill, 2000.
R. GIOVANNOZZI, "Costruzione di macchine" vol I e II, Patron, Bologna
NIEMANN/WINTER, "Elementi di macchine" vol I, II, III, EST Springer–Verlag Berlin, Heidelberg, New York
RC. JUVINALL, K.M. MRSHEK, "Fondamenti della progettazione dei Componenti delle Macchine", Ed. ETS, Pisa, 2002
DAL RE V., "Costruzioni di apparecchiature chimiche: lezioni ed esercitazioni, vol. 1 e 2", Progetto Leonardo, Bologna, 1992
CESARI F., "Metodi di calcolo nella dinamica delle strutture", Pitagora Editrice, Bologna, 1993
GEVIRTZ C., "Developing new products with TQM", McGraw-Hill, 1994.

PROGETTAZIONE MECCANICA CON MATERIALI NON CONVENZIONALI LS **FO, cds: lsm**

Docente: **Francesco Cesari** prof. ass.

Finalità del corso:

L'insegnamento si propone di analizzare i materiali non convenzionali da diversi punti di vista: la struttura interna e le caratteristiche meccaniche, i processi tecnologici e soprattutto la progettazione del materiale.

A questo scopo il corso è articolato come segue.

Programma del corso:

Parte 1: I materiali convenzionali.
1.1 I metalli
1.2 I polimeri
1.3 I ceramici.

Parte 2: I materiali non convenzionali (compositi).
2.1 Classificazione dei materiali compositi.
2.2 I materiali compositi a lamine: i sandwich e i laminati.
2.3 Analisi micromeccanica di una lamina: i criteri per la determinaziione dei parametri elastici.
2.4 Vari tipi di materiale composito: PMC,MMC,CMC,RCC.
2.5 La scelta dei materiali in base all'indice di prestazione.

Parte 3: La progettazione del laminato.
3.1 Equazione costitutiva di un materiale ortotropo.
3.2 Analisi di una lamina: la matrice di rigidezza e di flessibilità, l'effetto termico e igroscopico, i criteri di rottura.
3.3 Analisi macromeccanica di una lamina: equazione costitutiva con simmetria e antisimmetria.
3.4 Progettazione automatica di un componente in materiale composito.

L'insegnamento previsto per gli allievi è integrato coi corsi di Comportamento meccanico dei materiali e Costruzioni di macchine. Durante il corso saranno tenute esercitazioni pratiche sulla progettazione dei materiali compositi mediante calcolatore.

Bibliografia

1. Appunti del docente
2. W. Smith, *Scienza e tecnologia dei materiali*, MacGraw-Hill.
3. W. Callister, *Material Science and Engineering*, John Wiley.
4. Daniel Gay, *Materiaux composites*, Hermes.
5. K. Kaw, *Mechanics of composites materials*, CRC Press.
6. G. Caligiana, F. Cesari, *Materiali compositi*, Pitagora Ed.

PROGETTO DI RETI E SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI LS — CE, cds:S

Docente: **Franco Callegati**, prof. assoc.
Marco Chiani, prof. straord.

Programma del corso:

Il corso è suddiviso in due moduli e si propone di fornire, tramite la presentazioni di esempi concreti e casi di studio, i concetti di base per la progettazione dei moderni sistemi (primo modulo) e reti (secondo modulo) di telecomunicazione.

Per quanto riguarda i sistemi di telecomunicazioni verranno forniti elementi di progetto di sistemi di telecomunicazioni: sistemi su fibra ottica, sistemi satellitari, sistemi cellulari radiomobili, WiFi: tecniche di modulazione, codifica, sincronizzazione ed equalizzazione. Trasmissione su canali Multiple-Input Multiple-Output.

Case-study: progetto e realizzazione dell'infrastruttura di comunicazione per un servizio destinato a utenti mobili dotati di terminali Bluetooth o IEEE 802.11.

Per quanto riguarda le reti di telecomunicazioni, verranno utilizzati gli strumenti metodologici appresi nel corso di Reti di Telecomunicazioni LS, per l'analisis ed il dimensionamento di algoritmi per l'instradamento, il controllo, la gestione delle risorse e la risoluzione della contesa in reti di telecomunicazione, con particolare riferimento alle reti a pacchetto a larga banda e multimediali.

Applicazioni

Sistemi radiomobili cellulari, sistemi su fibra ottica, sistemi di trasmissione da satellite, reti wireless locali.

Bibliografia

Materiale didattico ed articoli scientifici forniti dai docenti.

PROGETTO GENERALE DI AEROMOBILI LS — FO, cds: lsa

Docente: **Gian Marco Saggiani** prof. ass.

Finalità del corso:

Lo studente che frequenta questo corso ha come "background" tre anni di Laurea Triennale ed un anno di Laurea Specialistica. Questo corso non ha fra le sue finalità l'aumentare le conoscenze dello studente, che ormai dovrebbero essere formate, ma di richiamarle e metterle in pratica. Pertanto lo svolgimento dell'insegnamento è differente da quello abituale e si basa sulla realizzazione di un progetto di cui lo studente, aiutato da un tutor, ne sarà responsabile. Le ore di lezione frontali saranno, perciò, ridotte al massimo ed avranno lo scopo di richiamare alla mente dello studente quelle nozioni che egli dovrebbe già avere e che deve utilizzare per la realizzazione del progetto. Il resto delle ore frontali saranno dedicate alla revisione dei progetti.

Programma

Introduzione

- Storia dell'aviazione civile, panoramica sulle architetture di aeroplano attualmente in utilizzo

Università di Bologna
BIBLIOTECA INGEGNERIA

e cenno su futuribili architetture non convenzionali
- Definizione delle specifiche di progetto: analisi di missione, analisi del mercato
- Definizione delle metodologie di progetto: progetto concettuale, preliminare e in dettaglio
- Valutazione preliminare della configurazione del velivolo: casa delle qualità, stima dei pesi, dimensionamento di massima e scelta del propulsore

Richiami
- Aerodinamica: caratteristiche generali dei profili e delle varie geometrie alari, scelta dei profili, regime di volo subsonico e aerodinamica dell'ala e del velivolo completo, alettoni e ipersostentatori: dimensionamento e valutazione delle caratteristiche aerodinamiche, cenni al regime supersonico e transonico.
- Propulsione: verifica sulla scelta del propulsore, Motori alternativi ed eliche; motori a getto; turboelica e turbofan, Valutazione delle curve di potenza disponibile.
- Prestazioni e manovre: curve di potenza necessaria, stima delle velocità massima, minima, di salita (rapida e ripida) in funzione della quota, quota di tangenza teorica e pratica, inviluppo di volo, autonomia oraria e chilometrica, decollo, atterraggio, virata
- Stabilità e dinamica: valutazione della stabilità longitudinale, stima dei punti neutri a comandi bloccati e liberi in volo rettilineo uniforme e in manovra, diagramma del Crocco, centraggio del velivolo, cenni di stabilità latero-direzionale, cenni di dinamica longitudinale e latero-direzionale

Testi di riferimento

I. H. Abbot, A. E. von Doenhoff, 'Theory of wing sections', Dover Publications, New York (NY), 1958.
J. P. Fielding, 'Introduction to aircraft design' - Cambridge University Press, Cambridge (UK), 1999.
C. E. Lan, J. Roskam, 'Airplane aerodynamics and performance' - Roskam Aviation and Engineering Corp., Ottawa (KS), 1980.
R. Picardi, 'Esercitazioni' - CLUP Milano, 1977.
D. P. Raymer, 'Aircraft Design: a conceptual approach' - AIAA Education Series, New York (NY), 1999.
J. Roskam, 'Airplane Design', Part I-VIII - Roskam Aviation and Engineering Corp., Ottawa (KS), 1985.
E. Torenbeek, 'Synthesis of subsonic airplane design' - Delft University Press, Delft (The Netherlands), 1982.
Normativa FAR (Federal Aviation Administration) e JAR (Joint Aviation Authorities) 'Jane's all the world aircraft' - Jane's (UK)

Siti di riferimento

www.aircraftdesign.com (sito di D. P. Raymer)
www.soton.ac.uk/~pbn/MDO/index.html: sito su Multidisciplinary Design Optimization (MDO)
http://adg.stanford.edu/aa241/AircraftDesign.html: 'Aircraft Design: synthesis and analysis', I. Kroo, R. Shevell (....è un testo online...)
http://aeromaster.tamu.edu/haisler/aero405/aircraft_structural_design_links.html: moltissimi links di carattere aeronautico.....
www.faa.gov: sito della Federal Aviation Administratio (normativa aeronautica americana FAR)
www.jaa.nl: sito della Joint Aviation Administration (normativa europea (JAR), a pagamento)

Propedeuticità consigliate
Aerodinamica applicata LS, Dinamica del volo LS

Modalità svolgimento esame
L'esame prevede lo svolgimento di una tesina, consistente nella progettazione di massima di un velivolo di cui siano assegnate le specifiche, e un colloquio orale.

PROPAGAZIONE L A **CE, cds: lte, lti, ltt**
Docente: **Vittorio Degli Esposti**, ric.

Finalità del corso:
Il corso si propone di fornire agli studenti strumenti di base per la comprensione dei fenomeni di propagazione del campo elettromagnetico, con particolare attenzione ai fenomeni della emissione, della propagazione in spazio libero e della ricezione di segnali radio.

Programma del corso:
Postulati elementari dell'elettromagnetismo macroscopico, campo elettrico e magnetico.
Richiamo delle Equazioni di Maxwell (EdM) in forma integrale.
Sorgenti e utilizzatori.Passaggio alle EdM in forma differenziale.
Condizioni di continuità del campo su una superficie.
Vettori complessi rappresentativi.
Le EdM nei fasori.
La permittività elettrica complessa.
Il problema omogeneo: una particolare soluzione delle EdM in un dominio mono-dimensionale: le equazioni delle onde nel dominio del tempo e della frequenza.
La soluzione generale della equazione di Helmholtz: le onde piane uniformi TEM.
Caratteristiche generali, cenno all'integrale generale di onde piane.
Relazioni energetiche: il teorema di Poynting e il relativo vettore.
Il teorema di unicità della soluzione.
Cenno su riflessione e rifrazione di onde piane.
Metodi per guidare la propagazione: riflessione totale, principio delle fibre ottiche.
Il problema non omogeneo.
Possibilità di soluzione delle EdM attraverso l'uso del potenziale vettore: indicazione della procedura.
Il problema della radiazione affrontato attraverso principi di conservazione della energia, linearità, analogia tra campo lontano, onde sferiche ed onde piane locali.
Il campo generato da un elemento di corrente e quello di una distribuzione lineare di corrente.
Espressione esatta del campo dell'elemento di corrente. Condizioni di campo vicino e lontano.
Il momento equivalente, condizioni di campo lontano rispetto alle dimensioni della sorgente.
Antenne e loro caratterizzazione, funzione di radiazione, diagramma di radiazione, grandezze caratteristiche. Caratterizzazione di una antenna in emissione e ricezione.
Area efficace, rendimento, guadagno in direttività ed in potenza.
Cenno ai vari tipi di antenne.
Formula di trasmissione e applicazioni.
Progetto di massima di un radiocollegamento.

Esercitazioni:
Richiami di matematica.
Campi vettoriali, integrali di linea, di superficie, e di volume.
Applicazione al caso vettoriale.
Concetti di flusso e circuitazione.
I sistemi di riferimento cartesiano, cilindrico e sferico.
Visualizzazione tramite strumenti software del campo e.m. Polarizzazione del campo e.m.
I potenziali elettrico e magnetico.
Approssimazione circuitale nel caso quasistazionario.
Circuiti a costanti concentrate.
Capacità, induttanza, ecc. Leggi di Kirkhhoff e legge di Ohm generalizzata.
Circuiti a costanti distribuite.
Il modello circuitale delle linee di trasmissione.
Soluzione delle equazioni dei telefonisti e interpretazione nel caso privo di perdite.
Esempi di adattatori.
Schiere di antenne uniformi, fattore di schiera, schiere broad-side, end-fire.
Esempi di interesse pratico.
Esercizi d'esame.

Modalità di svolgimento dell'esame:
Gli studenti sono fortemente consigliati a sostenere le due prove scritte parziali in alternativa alla prova scritta complessiva.
L'esame consiste in una prova scritta e un orale.
Quest'ultima si svolge nella data dell'appello ufficiale (in cui è possibile registrare il voto).
Le prove scritte parziali si tengono approssimativamente a metà e alla fine del corso; quella parziale finale e quella complessiva nella data dell'appello ufficiale.
Il voto finale risulta dalla valutazione complessiva di scritto/i e orale.
È possibile visionare ed eventualmente discutere la/e prova/e scritta/e solo all'orale.
Candidati la cui prova scritta è insufficiente (voto medio insufficiente) sono sconsigliati a sostenere l'orale nello stesso appello.
La validità degli scritti (sequenza completa delle prove scritte parziali oppure prova scritta complessiva) è limitata ad un anno dalla data di inizio delle lezioni.
Nel giorno in cui iniziano le nuove lezioni si annullano tutte le prove scritte precedenti.
Eventuali deroghe alle regole sopradescritte saranno considerate caso per caso.

Testi e materiale didattico di supporto:

Dispense del corso
G. CONCIAURO, *Introduzione alle onde elettromagnetiche,* Mc. Graw Hill

PROPULSIONE AEROSPAZIALE L **FO, cds: Ita**
Docenti: **Giorgio Minelli** prof. ord.
Pier Ruggero Spina prof. ass.

Programma del corso:
Principi generali della propulsione nell'atmosfera e nello spazio.
Peculiarità della propulsione con motore c.i.

Studio generale dei motori alternativi a c.i., con particolare riferimento agli specifici problemi dell'impiego in aeronautica. Le architetture, in relazione ai sistemi di raffreddamento ed al collegamento con la struttura dell'aeromobile. La riduzione delle prestazioni con la quota, ed il ristabilimento mediante sovralimentazione volumetrica e dinamica.
L'elica: espressione del tiro e del rendimento di propulsione. Eliche a passo variabile. Accoppiamento elica-motore.
Pulsogetti e stratogetti. I razzi a propellente solido.
Sistemi di propulsione spaziale con combustibile e comburenti in fase liquida, dai più semplici sistemi ai più sofisticati: il caso dello space-shuttle.
I gruppi turbogas nella propulsione aeronautica: differenze fra la loro propulsione ad elica ed a turbogetto.
Breve rassegna della storia della propulsione senza elica.
Sistemi propulsivi che utilizzano come motori primi i turbogas: turboelica, turbojet, turbofan, turboprop, propfan, ramjet.
Architetture dei turbogas per la propulsione: confronti, rapporti fra i vari flussi.
Prestazioni propulsori: spinte; rendimenti di propulsione, termodinamico del motore e totale; distanza percorribile, consumo specifico riferito alla spinta e alla potenza all'albero.
Le prestazioni dei turbogetti, in dipendenza dalla velocità dell'aeromobile e della quota.
Il turboelica e le motivazioni che portano al turbofan. Esame termodinamico ed architetture caratteristiche dei turbofan.
Le prestazioni dei turbogetti, in dipendenza dalla velocità dell'aeromobile e della quota.
Il turboelica e le motivazioni che portano al turbofan. Esame termodinamico ed architetture caratteristiche dei turbofan.
Trasformazioni, bilanci energetici nel turbogas.
Ciclo teorico e reale del turbogas, sua alterazione con la velocità di volo e con la postcombustione.
Influenza dei principali parametri funzionali sulle prestazioni del turbogas nell'applicazione al turbojet, al turbofan ed al turboelica.

RETI DI CALCOLATORI LA **CE, cds: Itt, Ite,Iti**
Docente: **Claudio Salati**, prof.inc.

Finalità del corso:
Il corso affronta lo studio delle reti di calcolatori, con l'obiettivo di analizzarne i problemi e di classificarne le soluzioni relativamente ad alcuni importanti aspetti progettuali.

Programma del corso:
Generalità e nozioni introduttive – Dai sistemi centralizzati ai sistemi distribuiti ed alle reti di calcolatori: obiettivi, campi di applicazione, problematiche ed aspetti progettuali. Elementi costitutivi delle reti di calcolatori. Topologie delle sottoreti di comunicazione. Canali di comunicazione punto a punto e a larga diffusione. Politiche di allocazione dei canali statiche e dinamiche, di tipo sia centralizzato che distribuito. Tecniche di commutazione di circuito, di messaggio, di pacchetto. Architetture di reti di calcolatori. Stratificazione gerarchica dei servizi. Strutturazione delle interfacce e dei protocolli di comunicazione tra entità agenti in strati adiacenti di uno stesso nodo e tra entità paritarie agenti in nodi diversi. Standardizzazione delle soluzioni: richiami sul modello di riferimento ISO/OSI.
La rete INTERNET – Il modello di riferimento. Modalità di identificazione dei nodi: indirizzi

fisici, indirizzi logici, nomi simbolici. I protocolli ARP e RARP per la risoluzione degli indirizzi. Il Domain Name System. Il protocollo IP. I processi di frammentazione e di ricomposizione di un datagramma IP. Modalità di instradamento di un datagramma IP. Problematiche connesse al default routing ed al subnetting. Gli algoritmi distance vector e link state per la costruzione e l'aggiornamento delle tabelle di routing. Il protocollo ICMP per la segnalazione di condizioni anomale e per la gestione di messaggi di controllo della rete. I protocolli UDP e TCP per lo scambio di messaggi tra processi applicativi in esecuzione su host diversi. Caratteristiche e limitazioni di tali servizi di trasporto. L'identificazione dei processi in base alla porta attraverso cui accedono al servizio. Modalità di attuazione della tecnica sliding window in TCP ai fini del "end-to-end flow control" e del "congestion collapse control". Finalità e caratteristiche dei principali servizi a livello di applicazione. I protocolli SNMP, SMTP, HTTP.

La gestione delle informazioni in reti di calcolatori – Tecniche di rappresentazione delle informazioni in reti comprendenti calcolatori eterogenei ed architetturalmente incompatibili. Sintassi astratta (ASN.1), sintassi concrete, sintassi di trasferimento (BER). Tecniche di compressione di messaggi costituiti da simboli incorrelati, sia equiprobabili che non equiprobabili (codice di Huffman e codice aritmetico). Tecniche di compressione basate su dizionario (algoritmo di Lempel-Ziv-Welch). Tecniche di compressione euristiche dipendenti dal contesto. Tecnologie per la sicurezza e l'integrità delle informazioni in reti di calcolatori. Principi di crittografia a chiave segreta: cifrari di sostituzione mono- e poli-alfabetici, cifrari di trasposizione, cifrari di prodotto. Data Encription Standard (DES). Crittografia a chiave pubblica. L'algoritmo RSA: basi matematiche, complessità computazionale e prestazioni. Il problema della distribuzione delle chiavi. Protocolli di autenticazione. Firme digitali.

Organizzazione del corso ed esami:

Il corso prevede lezioni in aula, esercitazioni in aula, esercitazioni guidate in laboratorio ed esercitazioni libere in laboratorio. L'esame consiste in una prova scritta obbligatoria ed in una eventuale prova orale a carattere integrativo.

Testi consigliati:

Dispense a cura del Docente.
D. E. COMER, *Internet e Reti di Calcolatori*, Addison-Wesley, 2000.
A. S. TANENBAUM, *Reti di Calcolatori*, V edizione, Prentice-Hall, 1998.
F. HALSALL, *Reti di Calcolatori e Sistemi Aperti*, IV edizione, Addison-Wesley, 1998.
B. A. FOROUZAN, *I protocolli TCP-IP*, McGraw-Hill, 2001.

RETI DI TELECOMUNICAZIONI L A **CE, cds: ltt, lte, lti**

Docente: **Franco Callegati**, prof. ass.

Finalità del corso:

Il corso si propone di studiare i principi fondamentali delle reti di telecomunicazioni, con particolare riguardo alle reti di calcolatori.

Programma del corso:

Introduzione alle reti di telecomunicazioni

Reti e servizi tradizionali. Telegrafo, telefono, radiocomunicazioni.

Fattori di evoluzione per le reti di telecomunicazioni: progresso tecnologico, elettronica e micro-

elettronica, mezzi trasmissivi, tecniche numeriche, reti di calcolatori.
Telematica, evoluzione verso la rete ISDN.
Caratteristiche della rete di telecomunicazioni nello scenario tradizionale: utenza e suo sviluppo, mercato, gestori, monopoli, industria TLC, standardizzazione internazionale, ITU.
Evoluzione verso una rete a larga banda: requisiti, multimedialità, flessibilità. Modi di trasferimento, tecnica ATM.
Cambiamenti di scenario: liberalizzazione, nuovi gestori, importanza dei servizi radiomobili e di Internet.
Possibili scenari futuri.

Reti di calcolatori
Primi esempi di reti di calcolatori: reti proprietarie delle industrie informatiche, reti proposte in ambito ITU, rete ARPANET.
Architetture per reti di calcolatori, stratificazione, modello di riferimento ISO - OSI a 7 strati.
Terminologia ISO-OSI, funzioni svolte nei vari strati del modello.
Altri modelli di stratificazione.

Problemi di teletraffico
Sistemi soggetti a traffico, definizione di traffico, Erlang.
Sistemi di code, processi degli arrivi, processi dei servizi.
Teorema di Little.

Problemi dello strato fisico
Funzionalità per un protocollo dello strato fisico. Reti punto-punto e punto-multipunto.
Standard EIA/TIA RS 232. Caratteristiche meccaniche elettriche funzionali e procedurali. Evoluzioni dello standard: RS 422, 423, 449.
Standard di strato fisico in ambito ITU-T. Raccomandazioni V24, X21 e X21bis.
Standard USB per porte seriali.

Problemi dello strato di linea
Compiti e funzionalità dello strato di linea
Esempio di protocollo di linea: protocollo HDLC. Formato della trama. Procedura di dialogo. Recupero dell'errore. Protocollo a finestra scorrevole. Controllo di flusso.
Efficienza dei protocolli di linea. Calcolo dell'efficienza nel caso di finestra unitaria. Influenza degli errori.
Rivelazione di errore. Codici per la rivelazione di errore. Bit di parità. Codici polinomiali e loro capacità di rivelazione.

Reti in area locale
Problematiche e scelte per le reti in area locale. Scelta della topologia. Topologie punto multipunto. Protocolli per l'accesso multiplo a controllo distribuito.
Protocolli di accesso a contesa. Protocollo Aloha. Procedura di accesso e risoluzione delle contese. Problemi di efficienza e stabilità. Slotted Aloha. Protocollo CSMA. Collision Detect, codice di Manchester. Rete Ethernet.
Protocolli di accesso Collision free. Protocollo token ring. Malfunzionamenti, rimozione e rigenerazione del token. Funzione di Monitor. Protocollo token passing. Gestione dell'anello logico. MAP.
Progetto IEEE 802. Architettura generale, LLC e MAC. Documenti dello standard.
Reti locali in fibra ottica. Protocollo FDDI. Doppio anello, classificazione delle stazioni, timed

token. Protocollo DQDB. Coda virtuale, problemi di fairness; compaibilità con la rete ATM. Evoluzioni dello standard IEEE 802.3 (rete Ethernet). Mezzi trasmissivi, cavi coassiali, doppini, fibre ottiche. Hub, repeater, bridge, router. Switched Ethernet. Fast Ethernet, Gigabit ethernet. Reti locali wireless, IEEE 802.11.

Problemi dello strato di rete
Indirizzamento dei pacchetti. Commutazione di circuito e di messaggio. Commutazione di pacchetto. Funzione di routing, tabelle di routing.
Ricerca dei cammini di lunghezza minima. Algoritmo di Dijkstra.
Classificazione dei protocolli di routing. Flooding, Hot potato. Protocolli Distance Vector, protocolli Link State.

Rete Internet
Breve storia. Internetworking. Famiglia di protocolli TCP/IP. Protocollo IP. Formato del pacchetto. Frammentazione, indirizzi IP.
Ruoting in internet, Autonomous systems. Interior gateway protocols: RIP, OSPF. Exterior gateway protocols: BGP.
IP sulle reti locali: protocollo ARP.
Problemi di una rete a larga banda basata su IP.

Materiale didattico
Dispense fornite dal docente
A. S. TANENBAUM, "Computer networks", 4ª ed., Prentice Hall, 2002
J. F. KUROSE, K. W. ROSS, "Internet e reti di calcolatori", 2ª ed., McGraw-Hill, 2003.

RETI DI TELECOMUNICAZIONI LB **CE, cds: Itt**
Docente: **Walter Cerroni**, prof. a contratto

Finalità del corso:
Il corso rappresenta il seguito di Reti di Telecomunicazioni LA e si propone di approfondire lo studio dei principi fondamentali delle reti di telecomunicazioni, con particolare riguardo alle problematiche di instradamento e di commutazione.

Programma del corso:
Parte I – Approfondimenti sul funzionamento della rete Internet
Richiami sui principi di funzionamento di Internet e sul protocollo IP. Indirizzamento IP. Algoritmi di instradamento. Instradamento in Internet. Architetture di router IP. Evoluzione della rete Internet. Protocollo MPLS. Lo strato di trasporto in Internet. Trasporto orientato alla connessione: TCP; controllo di flusso; round trip time; principi di controllo della congestione. Trasporto senza connessione: UDP. Cenni sulle applicazioni: protocollo HTTP, problematiche di sicurezza.

Parte II – Tecniche di trasferimento dell'informazione in rete
Schemi di multiplazione, principi di commutazione, architettura dei protocolli. Principali modalità di trasferimento: il modo di trasferimento a pacchetto; il modo di trasferimento a circuito; il modo di trasferimento a cella. Lo strato di rete nel modo di trasferimento a pacchetto. Funzioni dello strato di rete. Reti a commutazione di circuito: la rete telefonica numerica. La rete ISDN. L'accesso ad alta velocità ADSL. La commutazione numerica. Architetture a divisione di spazio

e a divisione di tempo. Il modo di trasferimento a cella. Servizi a larga banda e relativi requisiti. Lo standard ATM. La commutazione a larga banda. Sistemi di commutazione a larga banda.

Testi consigliati

Dispense del docente.
C. RAFFAELLI, *Appunti delle lezioni di Sistemi di Commutazione*, Pitagora Editrice, Bologna.
A. S. TANENBAUM, *Reti di calcolatori*, 4° edizione, Pearson Education Italia, 2003.
W. STALLINGS, *Trasmissione dati e reti di computer*, Jackson, 2000.
J. F. KUROSE, K.W. ROSS, *Internet e reti di calcolatori*, McGraw-Hill, 2001.

RETI DI TELECOMUNICAZIONI LS **CE, cds:S**
Docente: **Franco Callegati**, prof. ass.

Finalità del corso:

Il corso si propone di fornire gli elementi di base per l'ingegneria del traffico nelle reti di telecomunicazione.

Vengono presentati modelli analitici classici unitamente ai principi delle tecniche di simulazione al calcolatore.

Programma del corso:
Catene di Markov tempo continue
Definizione di frequenza di transizione.
Ergodicità delle catene di Markov.
Probabilità di stato.
Processi di nascita e morte.
Derivazione della formula di Poisson da un processo di sola nascita.

Sistemi a coda
Definizione e notazione di Kendall.
Definizione di traffico, traffico offerto e traffico smaltito.
Risultato di Little.

Modelli per reti a commutazione di pacchetto
Sistemi a singolo servitore e coda infinita.
Probabilità di accoramento per un sistema G/G/1.
Il sistema a coda M/G/1.
Derivazione della formula di Pollaceck/Kintchine per il calcolo del traffico nel sistema.
Applicazione ad alcuni casi notevoli: M/M/1 M/D/1 M/Ek/1.
Sistemi a coda con priorità.
Il teorema di Burke per la coda M/M/1.
Reti di code aperte: il teorema di Jackson.
Reti di code di tipo BCMP.

Modelli per reti a commutazione di circuito
Formula B di Erlang e sue proprietà.
Definizione di sistemi a perdita multiservizio.

Forma prodotto e calcolo delle probabilità di perdita.
Politiche di condivisione della banda: complete sharing, partila sharing e trunk reservation.
Reti a perdita ad instradamento fisso.

Simulazione
Principi di simulazione al calcolatore dei sistemi di servizio.
Generazione di numeri casuali con qualunque distribuzione.
Simulazione tempo continua e tempo discreta.
Implementazione di un simulatore orientato agli eventi.
Valutazione delle prestazioni: intervallo di confidenza. Aspettare conferma

Materiale didattico
Dispense fornite dal docente
F. CALLEGATI, G. CORAZZA, "Elementi di teoria del traffico per le reti di telecomunicazioni", 3° ed., Esculapio Editore, 2003.

RICERCA OPERATIVA LA **CE, cds: Iti**
Docente: **Daniele Vigo** prof. ass.

Programma
Il corso propone i principali strumenti messi a disposizione dalla Ricerca Operativa per la soluzione dei problemi decisionali che si presentano nell'industria e nei servizi.

1. Introduzione: Problemi decisionali e di ottimizzazione. Modelli dei problemi decisionali e di ottimizzazione e loro classificazione. Metodologia della Ricerca Operativa. Algoritmi e cenni sulla complessità computazionale.

2. Modelli ed algoritmi di Teoria dei Grafi: Generalità e definizioni. Problemi di determinazione di alberi a costo minimo. Problemi di determinazione di cammini a costo minimo. Cenni ai problemi di flusso su rete. Cenni a problemi più complessi (Commesso viaggiatore, instradamento di veicoli ...). Discussione degli aspetti implementativi.

3. Tecniche per la pianificazione dei progetti: Costruzione di reti di progetto. Metodo del cammino critico. Cenni a casi più complessi (PERT, risorse, tempi/costi ...).

4. Ottimizzazione Lineare: Modelli di ottimizzazione lineare e loro limiti. Proprietà dei problemi di ottimizzazione lineare. Soluzione per via grafica e cenni sugli algoritmi disponibili. Analisi di sensitività. Uso di un package di risoluzione.

5. Ottimizzazione Lineare Intera. Modelli di ottimizzazione a variabili intere. Algoritmo Branch and Bound. Uso di un package di risoluzione. Cenni sul software commerciale disponibile. Introduzione di tecniche euristiche e metaeuristiche per problemi specifici (instradamento di veicoli e taglio/impaccamento)

6. Ulteriori tecniche della Ricerca Operativa: Introduzione alla simulazione di sistemi discreti; Analisi decisionale in condizioni di incertezza e di rischio.

Organizzazione ed esami
Il corso prevede lezioni in aula, esercitazioni in aula ed in laboratorio ed esercitazioni libere in laboratorio. L'esame prevede una prova scritta, una prova pratica in laboratorio ed una prova orale integrativa.

Bibliografia

Testi Consigliati
Dispense a cura del docente (distribuite durante le lezioni e/o disponibili in rete).

Testi per consultazione:

S. MARTELLO, D. VIGO, *Esercizi di ricerca operativa*, Progetto Leonardo, Bologna, 1999.
S. MARTELLO, *Lezioni di ricerca operativa*, Progetto Leonardo, Bologna, 2002.
M. FISCHETTI, *Lezioni di ricerca operativa*, Edizioni Libreria Progetto, Padova, 1995.
C. VERCELLIS, *Modelli e decisioni*, Progetto Leonardo, Bologna, 1997.
P. TOTH, D. VIGO, *The Vehicle Routing Problem*, Siam, Philadelphia, 2002.
M. DELL'AMICO, *120 esercizi di ricerca operativa*, Bologna, Pitagora, 1996.
C. H. PAPADIMITRIOU, K. STEIGLITZ, *Combinatorial Optimization: Algorithms And Complexity*, Englewood Cliffs (NJ), Prentice-hall, 1982.

SCIENZA DEI METALLI L **FO, cds: lta,ltm**
Docente: **Lorella Ceschini** ric.

Finalità del corso:
Il corso si propone di fornire criteri di scelta e di controllo dei materiali metallici, allo scopo di fornire uno strumento utile per la progettazione, la costruzione e l'affidabilità di componenti meccanici. Particolare attenzione è dedicata all'integrazione delle conoscenze sui materiali metallici all'interno di un progetto complessivo, che tenga conto delle condizioni di esercizio del componente.

Programma del corso:
Struttura cristallina e difetti reticolari nei metalli.
Solidificazione dei metalli e delle leghe. Strutture e difetti di solidificazione.
Fenomenologia della deformazione plastica. Meccanismi di rinforzo dei materiali metallici (incrudimento, affinamento del grano, alligazione, precipitazione).
Fasi e costituenti del diagramma Fe-C.
Trattamenti termici: punti critici, influenza della velocità di raffreddamento, curve isoterme e anisoterme, principali strutture degli acciai.
Trattamenti termici di interesse applicativo: ricottura, normalizzazione, tempra, rinvenimento.
Trattamenti termochimici di diffusione: cementazione e nitrurazione.
Influenza dei fattori metallurgici sul comportamento meccanico dei materiali metallici in condizioni di sollecitazione statica, di fatica, di impatto.
Influenza della temperatura sul comportamento meccanico dei materiali metallici: fenomeni di infragilimento e creep. Superplasticità. Criteri di scelta dei materiali per alte e basse temperature.
Fenomenologia di frattura dei materiali metallici.
Comportamento ad attrito ed usura dei materiali metallici; trattamenti superficiali e rivestimenti antiusura.
Materiali metallici di interesse ingegneristico: acciai, leghe di Al, leghe di Ti, superleghe, compositi a matrice metallica. Designazione, trattamenti termici, proprietà e settori di applicazione.

Testi consigliati:

Dispense e appunti del corso.
W. NICODEMI "Metallurgia- Principi generali", Zanichelli.
G.M. PAOLUCCI, "Lezioni di Metallurgia per la laurea in Ingegneria Meccanica" Vol.1-2-3, Edizioni Libreria Progetto, Padova.
D. ASKELAND "The Science and Engineering of Materials", Chapman & Hall.

SISTEMI DI PROPULSIONE AVANZATI LS **FO, cds: lsa**
Docente: **Fabrizio Ponti** ric.

Programma del corso:
Introduzione ai sistemi di propulsione.
Prestazioni statiche di razzi e veicoli spaziali; definizione di spinta e resistenza.
Equazione del moto di un razzo; variabili di stato e di controllo; vincoli sulla traiettoria. Perdite gravitazionali e per resistenza atmosferica.
Prestazioni del razzo monostadio; razzo polistadio. Prestazioni degli endoreattori chimici a propellenti solidi, liquidi e ibridi.
Sistemi propulsivi con generazione di potenza elettrica: impulso specifico ottimale.
Definizione delle richieste propulsive per l'effettuazione di missioni spaziali.

Endoreattori di tipo chimico:
Generatore di spinta negli endoreattori di tipo chimico: ugello propulsivo. Coefficiente di spinta. Ugelli convenzionali convergenti-divergenti. Comportamento in condizioni di sotto e sovraespansione. Ugello conico, ugello a campana. Ugelli non convenzionali: plug nozzle, aerospike. Effetti dell'attrito e della contropressione.
Processo di combustione: combustione subsonica. Influenza delle condizioni iniziali del propellente. Calcolo della temperatura di combustione in condizioni di equilibrio chimico. Efflusso di miscele reagenti.
Camere di combustione per propellenti liquidi: iniezione di combustibile e comburente, lunghezza della camera di combustione, dimensionamento dell'area trasversale della camera di combustione.
Propellenti solidi: velocità di combustione, flussi bifase. Camere di combustione per propellenti solidi: pressione di combustione, stabilità della combustione, combustione erosiva.
Meccanismi di trasmissione del calore. Descrizione dei sistemi di protezione delle pareti con materiali refrattari, materiali ablanti, film cooling, traspirazione. Sistema di raffreddamento rigenerativo.

Endoreattori di tipo termico:
Razzo a riscaldamento nucleare: limiti di funzionamento;
Razzo a resistenza elettrica: schema, scelta del propellente, limiti di funzionamento;
Razzo ad arco: schema, scelta del propellente, problemi di stabilizzazione dell'arco, consumo degli elettrodi, inquinamento del getto, perdite frozen.

Endoreattori di tipo elettrico:
Razzo a ioni: schema, produzione di ioni, acceleratore, neutralizzazione del fascio di ioni, rapporto di forma, scelta del propellente;
Razzo MPD: schema, prestazioni, limitazioni

Modalità d'esame

L'esame consiste in un colloquio orale sugli argomenti del corso.

Testi di riferimento

SUTTON, *Rocket Propulsion*, John Wiley & Sons, New York.
HILL & PETERSON, *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion*, Addison-Wesley Publishing Company, New York.
JAHN, *Physics of electric propulsion*, McGraw Hill, New York.
STUHLINGER, *Ion propulsion for space flight*, McGraw Hill, New York.

SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI LA **CE, cds: Itt**

Docente: **Carlo Caini** ric.

Finalità del corso:

Il corso si pone come naturale proseguimento dei corsi di Comunicazioni Eletttriche I e II, con particolare riferimento alla trasmissione di segnali digitali ed alla codifica digitale di segnali analogici. Obiettivo complementare, ma non secondario, è lo sviluppo dell'autonomia degli studenti nello studio della materia e nella consultazione della letteratura scientifica.

Programma del corso

Richiami e complementi sulla teoria della modulazione
Richiami sulle modulazioni AM, PM, FM, DSB-SC, QAM.
Inviluppi complessi e funzione di trasferimento equivalente passa basso.
Elementi di teoria della decisione statistica e ricevitori ottimi in AWGN
Ricevitori MAP e ML nel caso binario: il filtro adattato
Rappresentazione vettoriale dei segnali su basi ortonormali: procedura di Gram Schmidt.
Ricevitori ML nel caso di M segnali: interpretazione geometrica (ricevitori a minima distanza).

Modulazioni numeriche

Caratteristiche e calcolo delle probabilità d'errore dei segnali L-ASK, M-QAM, M-PSK, M-FSK in presenza di AWGN, con ricevitore ML coerente.
Confronto fra i vari sistemi di modulazione numerica in termini di rapporto segnale rumore ed efficienza spettrale.

Rappresentazione digitale dei segnali analogici (svolta dall'Ing. Alessandro Vanelli Coralli)

Elementi di teoria dell'informazione: entropia di una sorgente e codifica di Huffman.
Codifica PCM con quantizzazione lineare e logaritmica.
Tecniche di compressione: codifica ADPCM, vettoriale, per trasformate. Cenni sui Vocoder.
Principi della codifica MPEG audio e video e relativi standard.
Confronto delle varie tecniche con esempi di ascolto di brani vocali e musicali.

Testi consigliati

Appunti tratti dalle lezioni
C. CAINI, *Comunicazioni Elettriche e Segnali Audio*, Esculapio.
B. SKLAR, *Digital Communications*, Prentice Hall.
S. BENEDETTO, E. BIGLIERI, V. CASTELLANI, *Digital Transmission Theory.*

SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI LS **CE, cds: S**
Docente: **Davide Dardari**, ric.

Programma del corso:

Introduzione ai sistemi wireless - Richiami di trasmissione numerica – Il canale radiomobile - prestazioni di sistema in presenza di propagazione anomala ed interferenza co-canale – tecniche di contromisura - tecniche di accesso multiplo - Elementi di sistemi radiomobili — riuso delle frequenze – Sistemi di trasmissione a spettro espanso – Verso i sistemi radiomobili di terza generazione – Altri esempi di sistemi di telecomunicazioni.

Testi consigliati

ORESTE ANDRISANO, DAVIDE DARDARI "*Appunti di Sistemi di Telecomunicazione: elementi di progetto di sistemi radiomobili*", Esculapio, Bologna.
"*Appunti di Sistemi di Telecomunicazione: sistemi di trasmissione digitali in banda base*" tratti dalle lezioni del Prof. O:Andrisano. Esculapio Bologna.
"*Appunti di Sistemi di Telecomunicazione: sistemi di trasmissione digitali passa-banda*" tratti dalle lezioni del Prof. O:Andrisano. Esculapio Bologna.

Per maggiori approfondimenti

G.L.STUBER, "*Principles of Mobile Communication*", Kluwer Academic Publishers.
S.BENEDETTO, E.BIGLIERI "*Principles of Digital Transmission*" Kluwer Academic /Plenum Publishers.
J.PROAKIS, "*Digital Communications*", Mc Graw Hill.
J.D. PARSONS, "*The Mobile Radio Propagation Channel*", Second Edition, John Wiley & Sons.

SISTEMI E TECNOLOGIE PER L'AUTOMAZIONE LS **CE, cds: S**
Docente: **Alberto Tonielli,** prof. ord.

Finalità del corso:

Il corso si propone di illustrare i principali aspetti ingegneristici e tecnologici connessi con la realizzazione, a livello industriale, dei moderni sistemi di controllo e di automazione, che si progettano combinando conoscenze di Controlli Automatici, Informatica, Elettronica e Reti di Calcolatori.

Sono considerate le classi di sistemi, dispositivi e di problemi che tipicamente condizionano la realizzazione di un sistema di Automazione. Per ogni classe sono esaminate alcune problematiche la cui soluzione è ottenuta a partire da conoscenze acquisite nei corsi di Informatica, elettronica e TLC, mostrando come queste vanno opportunamente rifocalizzate ed adattate nel contesto applicativo specifico dell'Automazione.

In particolare si farà riferimento ai problemi di interfacciamento ed ai criteri di valutazione e di scelta del componente in un sistema di Automazione. Sono considerati in dettaglio i seguenti problemi: bus di campo, sensori e sistemi di acuisizione, l'implementazione digitale e la messsa in scala di regolatori e filtri, software di automazione.

SISTEMI ELETRONICI LS **CE, cds: S**
Docente: **Enrico Sangiorgi,** prof. ord.

Programma del corso:

Richiami al funzionamento dei dispositivi elettronici, transistori MOS e BJT, e ai modelli di descrittivi a variabili concentrate ("ai morsetti").Richiami ai circuiti ai piccoli segnali dei transistori BJT e MOS, e loro comportamenti in frequenza.

Amplificatori differenziali e amplificatori operazionali.Non idealità dell'amplificatore operazionale.Slew Rate e compensazione.Struttura dell'OPAMP 741.Cenni agli stadi di uscita.

La retroazione con particolare riferimento ai circuiti e sistemi elettronici.La stabilità nei sistemi elettronici.Esempi su circuiti con OPAMP.

Blocchi elettronici non lineari.Modello a blocchi.Oscillatori quasi sinusoidali.Realizzazione di oscillatori quasi sinusoidali.Bipoli a resistenza negativa e loro applicazione.Multivibratori, MLV bistabili, monostabili, astabili.Realizzazioni specifiche: trigger di Schmitt, oscillatore di Wien.

Il rumore nei circuiti elettronici: sorgenti, modellistica, specifiche.

Convertitori Analogico/Digitale e D/A.Nomenclatura.Alcuni esempi di realizzazioni circuitali.

Cenni agli alimentatori.

Testi e materiale didattico di supporto

P. R. Gray e R. G. Meyer, *Circuiti Integrati Analogici*, McGraw-Hill
A. S. Sedra K. C. Smith, *Circuiti per la microelettronica*, Edizioni Ingegneria 2000

SISTEMI ENERGETICI L **FO, cds: ltm**
Docente: **Davide Moro** prof. straord.

Finalità del corso:

Il corso si propone di fornire agli allievi ingegneri meccanici gli strumenti di base necessari per l'analisi termodinamica dei principali sistemi energetici semplici e complessi.

Programma:

La prima parte del corso richiama rapidamente i principi fondamentali della termodinamica e in particolare l'equazione del moto dei fluidi sia in forma termica che meccanica, il ciclo di Carnot, i diagrammi termodinamici per l'aria e per il vapore.

Quindi si passa in rassegna ai pricipale sistemi energetici sia motori che inversi.

Sistemi energetici a vapore: si descrivono i componenti del ciclo a vapore, di Hirn e la determinazione dei flussi energetici. Considerazioni sul generatore di vapore, rendimento, carico termico e determinazione della temperatura di combustione. Considerazioni di base sulle caratteristiche dei combustibili, il potere calorifico superiore ed inferiore, la massa d'aria stechiometrica, l'eccesso d'aria, le emissioni inquinanti e il loro abbattimento. Diagramma di scambio termico nel generatore ad irraggiamento, la temperatura di rugiada. Limiti sulle temperature massime ammissibili in un impianto a vapore. Il condensatore di vapore, bilanci energetici e suo dimensionamento. Cenni sulle trasformazioni nella turbina a vapore e definizione del rendimento interno. Definizione del rendimento dell'impianto a vapore e del rendimento termodinamico del ciclo di Hirn e relazione con i singoli rendimenti dei componenti. Influenza della pressione di condensa-

zione, vaporizzazione e della temperatura di surriscaldamento sul rendimento termodinamico del ciclo. Analisi exergetica del ciclo di Hirn. L'influenza della rigenerazione e del risurriscaldamento nel ciclo a vapore. Il degasatore. Schema di un impianto a vapore risurriscaldato a tre spillamenti e suo diagramma (T,s). Determinazione delle portate di vapore nei vari tratti dell'impianto per data potenza meccanica richiesta, determinazione delle portate di spillamento e definizione del rendimento termodinamico dell'impianto.

Sistemi energetici a turbina a gas: schema dell'impianto semplice e suo diagramma (T,s), definizione del ciclo di Brayton. Rendimento interno del compressore e della turbina. Influenza della temperatura massima del ciclo e del rapporto di compressione sul rendimento del ciclo di Brayton. Analisi exergetica del ciclo di Brayton. Architettura dalla camera di combustione, sua analisi energetica e rendimento. Problema delle temperature massime ammissibili in un impianto di turbina a gas. Rendimento termodinamico e rendimento d'impianto di un gruppo trubina a gas. Le prestazioni di un gruppo turbogas in termini di rendimento termodinamico, lavoro specifico, rapporto di compressione, temperatura massima.

Sistemi frigoriferi: schemi di impianto e diagrammi (T,s) e (p,h) per uno e due livelli di pressione.

Definizione del coefficiente di effetto frigorifero e del coefficiente di pompa di calore.

Gli impianti energetici complessi: il ciclo combinato Gas-Vapore semplice: schema dell'impianto, diagramma (T,s) e diagramma di scambio termico nella caldaia a recupero. Determinazione della portata di vapore nel bottomer per dato topper. Il rendimento del'impianto combinato e problematiche dell'accoppiamento topper-bottomer.

Modalità d'esame:

L'esame consiste in una prova orale. Si richiede agli studenti in lista per l'esame di inviare al Docente un e-mail di conferma della propria presenza un paio di giorni prima della data dell'appello. L'assenza di comunicazione verrà intesa come rinuncia da parte dello studente a sostenere l'esame.

Testi consigliati:

G. Negri di Montenegro,M. Bianchi, A. Peretto, *Sistemi Energetici e loro componenti*, Pitagora.

SISTEMI INFORMATIVI DISTRIBUITI LS **CE, cds: S**

Docente: **Gianluca Moro** prof. straord.

Finalità del corso

Il corso intende fornire un insieme di conoscenze teoriche e applicative relative ai sistemi informativi moderni, con riferimento ai sistemi di supporto alle decisioni e ai sistemi distribuiti orientati alla gestione dei dati.

Seminari

Lezioni seminariali verranno tenute su argomenti specifici da esperti del settore, in particolare per i sistemi di supporto alle decisioni.

Progetti e tesi di laurea

Gli studenti saranno stimolati a formare dei gruppi di lavoro su argomenti di particolare inte-

resse che potranno essere approfonditi come successivo lavoro di tesi.
Titoli di tesi saranno proposti dal docente, anche su suggerimento degli studenti.

Propedeuticità consigliate
Fondamenti di sistemi informativi

Testi di riferimento

Dispense e riferimenti bibliografici forniti dal docente

Modalità d'esame:
Gli studenti verranno valutati sulla base di un progetto di gruppo e di una prova individuale

Programma:
1) Sistemi di supporto alle decisioni
Data warehousing
- concetti di base, modelli
- progettazione
Data mining
- clustering
- regole associative
- classificazione

2) Sistemi informativi distribuiti
Architetture dei sistemi distribuiti
Gestione delle transazioni
Tecnologie di accesso a basi di dati
Sistemi informativi web
Progettazione e sviluppo di sistemi informativi con application server

SISTEMI INFORMATIVI LA **CE, cds:Iti**
Docente: **Alessandra Lumini**, ric.

Obiettivi formativi:
Obiettivo del corso è fornire allo studente fornire le nozioni fondamentali della tecnologia delle basi di dati relazionali e gli strumenti metodologici necessari per il suo impiego nell'utilizzo e nella progettazione di un sistema informativo.

Programma del corso:
- *Architettura di un DBMS:* cenni sui moduli che compongono un DBMS (Query Optimizer, Transaction Manager, Scheduler ...).
- *Modelli dei dati*: cenni sui modelli gerarchico e reticolare; il modello relazionale; algebra relazionale: operatori di base e derivati, realizzazione degli operatori; forme normali.
- *Il linguaggio SQL*: i principali costrutti, sviluppo di applicazioni.
- *Progettazione concettuale di DB relazionali*: il modello concettuale Entity-Relationship, analisi dei requisiti e metodologie di progettazione concettuale.
- *Progettazione logica di DB relazionali*: ristrutturazione di schemi concettuali, traduzione nel

modello relazionale, analisi delle ridondanze, cenni sulla progettazione fisica.
- *Normalizzazione di schemi relazionali*: definizione di Forme Normali (1NF, 2NF, 3NF, BCNF), la normalizzazione in 3NF.

Esame
- L'esame è composto di tre parti:
- Un elaborato di progetto, che consiste nella progettazione e realizzazione di un'applicazione database.
- Una prova scritta costituita da un insieme di esercizi e/o domande su vari argomenti trattati nel corso.
- Una prova orale su richiesta del docente, che consiste nella discussione del compito scritto e in domande di approfondimento sul programma d'esame.

Bibliografia

Sono disponibili dispense e appunti a cura del docente.

Testi consigliati:

P. Atzeni, S. Ceri, S. Paraboschi, R. Torlone. *Basi di dati: modelli e linguaggi di interrogazione*. McGraw-Hill, Italia 2002
P. Ciaccia, D. Maio. *Lezioni di Basi di Dati*. Esculapio.
D. Maio, S. Rizzi. *Esercizi di Progettazione di Basi di Dati*. Esculapio.
D. Beneventano, S. Bergamaschi e M. Vicini. *Progetto Relazionale di Basi di Dati*. Pitagora Editrice Bologna.

SISTEMI INTELLIGENTI NATURALI E ARTIFICIALI BS — CE, cds: lsb

Docente: **Mauro Ursino**, prof. staord.

Finalità del corso:

Scopo del corso è di fornire le informazioni essenziali sui modelli matematici e gli algoritmi in grado di simulare l'emergere di comportamenti "intelligenti", quale la memoria dichiarativa e procedurale, la formazione di categorie del mondo, la percezione visiva, le logiche sfumate, i fenomeni evolutivi. Tali modelli saranno visti innanzitutto come strumenti di conoscenza per le neuroscienze, anche se saranno presi in considerazione anche aspetti informatici e applicativi.

Argomenti del corso:
Principali argomenti trattati:

Neuroscienze e reti neurali
richiami alla modellistica del neurone
modelli di neuroni a diverso livello di dettaglio
reti neurali e loro proprietà

metodi per la codifica e la decodifica di informazioni neurali

modelli di memoria associativa (ippocampo)

modelli di reti multistrato con supervisore (cervelletto)
reti competitive e addestramento senza supervisore (mappe corticali)

L'elaborazione primaria nella corteccia visiva (retina, corteccia visiva primaria)

Cenni alla logica fuzzy

Cenni agli algoritmi genetici

Esercitazioni:
Le lezioni saranno integrate da esercitazioni al computer, con l'uso del pacchetto software MATLAB, finalizzate alla simulazione di semplici reti neurali e all'analisi delle proprietà emergenti dall'interazione fra neuroni.

SISTEMI OPERATIVI LA **CE, cds: lti, ltt**
Docente: **Maurelio Boari**, prof. ord.

Programma del corso:
Introduzione ai sistemi operativi. Funzioni svolte ed evoluzione dai primi anni ai sistemi attuali.

Struttura ed organizzazione di un sistema operativo. Sistemi monolitici, macchine virtuali, modello cliente-servitore. Esempi di MS-DOS, OS/2, UNIX. Organizzazione interna: sistemi monoprogrammati, a divisione di tempo. Modalità di uso di un sistema di calcolo: batch, interattivo, general purpose, special purpose.

Funzioni svolte da un sistema operativo. Descrizione delle principali funzioni svolte con riferimento alla gestione delle risorse hardware e software ed alla esecuzione dei comandi dell'utente. Definizione delle chiamate di sistema (system calls), modalità di passaggio dei parametri. Stato utente e stato supervisore.

Sistemi multiprogrammati. Processi. Diagramma di stato dei processi. Processi pronti, in creazione, bloccati. Algoritmi di assegnazione della CPU ai processi.

Sincronizzazione tra processi. Semafori e primitive di sincronizzazione. Alcuni esempi. Problema del blocco critico e politiche di prevenzione.

Definizione del nucleo di un sistema a processi. Struttura dati e funzioni. Sincronizzazione tra processi in ambiente mono e multiprocessore.

Gestione della memoria principale. Tecniche a partizioni fisse e variabili. Registri limiti e base. Impaginazione e segmentazione.

Gestione della memoria di massa. Metodi di allocazione dei file: contigua, a lista, a indice. Gestione dello spazio libero. Metodo di accesso: byte stream, sequenziale, diretto e a chiave.

Sistema Operativa UNIX. File system, comandi principali, linguaggio di comandi (shell). Programmi in shell. Cenni sulla struttura interna.

Testi consigliati

TANENBAUM A.S., *Modern Operating Systems*, Prentice Hall Intern. Ed., 1992.
ANCILOTTI P., BOARI M., *Principi e tecniche di programmazione concorrente*, UTET Libreria, 1988.

SPERIMENTAZIONE SULLE MACCHINE L — FO, cds: ltm

Docente: **Gian Marco Bianchi** ric.

Finalità del corso:

Il corso affronta il problema della sperimentazione sulle macchine inteso come insieme delle tecniche di misura e delle elaborazioni necessarie alla determinazione delle caratteristiche di funzionamento.

Scopo del corso è quello di fornire le conoscenze di base nel campo della misura delle principali grandezze fisiche di interesse (velocità, pressione, temperatura, portata, coppia, velocità angolare, emissioni inquinanti). In particolare verranno illustrati i fondamenti teorici ed i principi fisici di ogni singolo strumento trattato ed il rispettivo campo di applicabilità.

Una particolare attenzione verrà dedicata alla sperimentazione nel campo dei motori endotermici alternativi. Il corso prevede anche l'allestimento di prove sperimentali in laboratorio secondo modalità da definirsi durante le lezioni, in relazione alla disponibilità degli strumenti.

Prova d'esame:

È previsto il superamento di una prova orale.

STRUMENTAZIONE BIOMEDICA BS — CE, cds: lsb

Docente: **Guido Avanzolini,** prof. ord.

Finalità del corso:

L'Insegnamento si propone di fornire le conoscenze di base per il progetto e per l'uso appropriato delle grandi apparecchiature dedicate alla diagnostica clinica, nonché dei principali dispositivi per l'elettrostimolazione cardiaca.

Programma del corso:

1. La misura dei potenziali elettroencefalografici. Le basi fisiologiche e cliniche dell'elettroencefalogramma. I sistemi di elettrodi. L'elettroencefalografo multicanale. I potenziali evocati.

2. I sistemi ad ultrasuoni per la diagnostica clinica. Generazione e propagazione degli ultrasuoni. I Flussometri ad ultrasuoni. I principi di ecografia. L'Ecotomografo. I sistemi multi-sensori con controllo elettronico della deflessione e della focalizzazione.

3. La strumentazione per il laboratorio di analisi chimico-cliniche. La spettrofotometria, l'autoanalizzatore, il contatore degli elementi figurati del sangue.

4. I principi ingegneristici dei sistemi radiologici e di medicina nucleare. La produzione di raggi X ed elementi di progetto dei tubi radiogeni. La legge dell'assorbimento di raggi X e la formazione dell'immagine. Principio di funzionamento della gamma camera.

5. La tomografia computerizzata. La sovrapposizione delle immagini nella radiografia convenzionale. Aspetti matematici e computazionali. La sintesi ingegneristica e la qualità dell'immagine. Le applicazioni biomediche.

6. Altre apparecchiature per la generazione di bioimmagini: la risonanza magnetica nucleare (RMN) e la tomografia ad emissione di positroni (PET).

7. La strumentazione computerizzata. Richiami sui microcalcolatori. Progetto di sistemi di conversione I/O. Metodi di interfaccia al calcolatore. Esempi di applicazione.

8. Gli elettrostimolatori cardiaci: il defibrillatore cardiaco ed il pacemaker.

Testi consigliati:

G. AVANZOLINI, *Strumentazione biomedica: progetto e impiego dei sistemi di misura*, Patron Editore, Bologna, 1998.
J.G. WEBSTER, *Medical Instrumentation: application and design*, Wiley and Sons, NY, 1998.
W. WELKOWITZ, S. DEUTSCH, *Biomedical Instruments: Teory and design*, Academic Press, NY, 1976.
J.J. CARR, J.M. BROWN, *Introduction to Biomedical Equipment Technology*, Wiley &Sons, NY, 4th Edition, 2000.
B.N. FEINBERG, *Applied Clinical Engineering*, Prentice-Hall, New Jersey, 1986.

Esercitazioni
Esercitazioni parallele allo svolgimento dell'Insegnamento.

STRUMENTAZIONE BIOMEDICA L **CE, cds: ltb**
Docente: **Silvio Cavalcanti,** prof. ass.

Finalità del corso:
L'Insegnamento si propone di fornire le conoscenze di base per il progetto e per l'uso appropriato e sicuro delle principali apparecchiature di misura e di elaborazione dei segnali biologici.

Programma del corso:
1. I concetti base della Strumentazione per misure biomediche. L'architettura e la descrizione funzionale dei sistemi per misure biomediche. Le loro prestazioni statiche e dinamiche.
2. I sensori per misure biomediche. I sensori resistivi di temperatura, e pressione. I sensori piezoelettrici nelle apparecchiature ad ultrasuoni. I sensori fotoelettrici nelle apparecchiature per analisi cliniche. I sensori elettrochimici per la misura del pH, e dei gas nel sangue. Gli elettrodi per la rilevazione di segnali bioelettrici.
3. Acquisizione di segnali biologici. Gli amplificatori per segnali biomedici, la conversione Analogico/Digitale, gli oscilloscopi ed i registratori per uso biomedico.
4. La misura di potenziali bioelettrici. L'elettrocardiografo: specifiche, schema a blocchi, circuiti elettronici specifici, l'elaborazione automatica dell'elettrocardiogramma.
5. I sistemi ad ultrasuoni per la diagnostica clinica. Generazione e propagazione degli ultrasuoni. I Flussometri ad ultrasuoni. I principi di ecografia. L'Ecotomografo.
6. La strumentazione per il laboratorio di analisi chimico-cliniche. La spettrofotometria, l'autoanalizzatore, il contatore degli elementi figurati del sangue.
7. La sicurezza elettrica delle apparecchiature elettromedicali. Effetti fisiologici dell'elettricità. Il pericolo di macroshock ed i sistemi di protezione Il pericolo di microshock ed i sistemi di protezione.

Testi consigliati:

G. AVANZOLINI, *Strumentazione biomedica: progetto e impiego dei sistemi di misura*, Patron Editore, Bologna, 1998.
J.G. WEBSTER, *Medical Instrumentation: application and design*, Wiley and Sons, NY, 1998.
W. WELKOWITZ, S. DEUTSCH, *Biomedical Instruments: Teory and design*, Academic Press, NY, 1976.

R.S.C. COBBOLD, *Transducers for Biomedical Measurements: principles and applications*, Wiley and Sons, NY, 1974.
J.J. CARR, J.M. BROWN, *Introduction to Biomedical Equipment Technology*, Wiley &Sons, NY, 1981.
B.N. FEINBERG, *Applied Clinical Engineering*, Prentice-Hall, New Jersey, 1986.

Esercitazioni:
Esercitazioni parallele allo svolgimento dell'Insegnamento.

STRUMENTAZIONE E MISURE ELETTRONICHE LA **CE, cds: Ite**
Docente: **Lorenzo Peretto** prof. ass.

Programma del corso:
Multimetri numerici in continua. Misura in continua di tensioni, correnti e resistenza. Schema a blocchi, caratteristiche e prestazioni. Misure voltampermetriche di resistenza e potenza. Errori di indicazione e di consumo. *Esercitazioni di laboratorio sull'uso dei multimetri in continua.*
Multimetri numerici in alternata. Multimetri per la misura di tensioni e correnti in alternata. Schema a blocchi, caratteristiche, prestazioni e limiti di banda. *Esercitazioni di laboratorio sull'uso dei multimetri in alternata.*
Oscillatori e generatori di funzioni. Oscillatori sinusoidali. Oscillatori "spazzolati". Modulazione di ampiezza e di frequenza. Generatori di funzioni quadre, triangolari ed impulsive. Generatori di funzioni arbitrarie. Generatori sintetizzati.
Oscilloscopi analogici e numerici. Tubi a raggi catodici: cannone elettronico, deflessione elettrostatica ed elettromagnetica, postaccelerazione e schermi. Attenuatori ed amplificatori. Base dei tempi. Circuiti campionatori e convertitori analogico-digitali. Limiti di banda degli oscilloscopi analogici e digitali. *Esercitazioni di laboratorio sull'uso degli oscilloscopi e dei generatori di funzioni.*

STRUTTURE E MATERIALI AEROSPAZIALI LS **FO, cds: Isa**
Docente: **Enrico Troiani**, ric.

Programma del corso:
Determinazione dello stato di tensione e di deformazione nelle strutture a guscio:
Richiami di teoria elementare;
Metodi di successiva approssimazione per lo studio dello "shear-lag" e dell'impedito ingobbamento;
Teoria dei corpi sottili, piastre e membrane;
Metodi di calcolo matriciali: metodo delle forze e degli spostamenti;
Metodi agli elementi finiti; applicazioni alle strutture aerospaziali;

Materiali compositi
Proprietà fisiche; anisotropia, unidirezionali e tessuti
Proprietà elastiche della singola lamina;
Proprietà elastiche dei laminati stratificati, resistenza a rottura;
Sandwich;

Lastre e gusci in composito.
Applicazioni degli elementi finiti per strutture in composito

Analisi della stabilità dell'equilibrio elastico e del collasso nelle strutture aeronautiche;
Richiami ed applicazione alle travi;
Applicazione ai corpi sottili piani semplici ed irrigiditi;
Applicazione ai gusci cilindrici;
Applicazioni ai compositi (cenni);
Instabilità locale

Elementi di dinamica delle strutture;
Note introduttive;
Sistemi a parametri concentrati;
Sistemi ad un grado di libertà;
Sistemi a più gradi di libertà;
Analisi modale;
Sistemi continui.

Testi di riferimento:

E.F. Bruhn, *Analysis and design of flight vehicles structures*, ed. Jacobs.
T.H.G. Megson, *Aircraft Structures for Engineering Students*, ed. Arnold.
R. Rivello, *Theory and analysis of flight structures*, ed. McGraw-Hill.
D. Gay, *Matériaux composites*, ed. Hermes.
R.J. Jones, *Mechanics of composite materials*, ed. McGraw-Hill.

TECNICA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE L **FO, cds: ltm**
Docente: **Dario Croccolo** prof. ass.

Parte prima: aspetti generali
Introduzione allo studio di un sistema meccanico.
Analisi delle funzioni e relative sottofunzioni, rappresentazione delle relazioni cinematiche e dinamiche tra gli elementi di macchina.
Studio degli equilibri tra i corpi rigidi.
Lavoro e potenza, trasmissione del moto e dell'energia tra gli elementi. Caratteristiche morfologiche dei componenti meccanici. Analisi dei carichi agenti sui componenti meccanici. Modelli strutturali per l'analisi delle condizioni di carico e degli stati di sollecitazione. Concentrazione delle tensioni e metodi di valutazione. Tensioni residue e tensioni termiche. Modalità di collasso di componenti meccanici per danneggiamento strutturale: cedimento sotto carichi statici e dinamici. Richiami sulle ipotesi di resistenza dei materiali in caso di sollecitazioni di tipo statico.
La fatica nei materiali metallici: curve di Wöhler, diagrammi di Goodmann-Smith, diagrammi di Haigh e rette di Goodmann; effetto della finitura superficiale, delle dimensioni, del gradiente delle tensioni, delle concentrazioni delle tensioni, del materiale. Ipotesi di resistenza dei materiali in caso di sollecitazioni di tipo dinamico. Calcolo della resistenza a fatica per condizioni di carico variabile in ampiezza.

Parte seconda: applicazioni
Ruote dentate cilindriche a denti dritti: modalità di verifica a flessione al piede ed a usura, sollecitazioni indotte sugli alberi. Ruote coniche a denti dritti: modalità di verifica a flessione al piede ed a usura, sollecitazioni indotte sugli alberi. Ruote dentate cilindriche a denti elicoidali: modalità di verifica a flessione al piede cd a usura, sollecitazioni indotte sugli alberi.
Collegamenti filettati e viti di manovra: calcolo statico.
Saldature: calcolo statico.
Cuscinetti a rotolamento: tipologie, criteri di scelta c di montaggio.
Calcolo degli alberi rotanti. Sistemi di collegamento albero-mozzo: linguette e loro dimensionamento. Elementi di calcolo di collegamenti forzati. Cenni su altri tipi di collegamenti stabili.

Testo adottato

RC. JUVINALL, K.M. MRSHEK, *Fondamenti della progettazione dei Componenti delle Macchine*, Ed. ETS, Pisa, 1993

Testi di consultazione

R. GIOVANNOZZI, *Costruzione di macchine*, vol. I e II, Patron, Bologna.
NIEMANN/WINTER, *Elementi di macchine*, vol. I, EST Springer–Verlag Berlin, Heidelberg, New York.

TECNICHE ELETTROMAGNETICHE PER LA LOCALIZZAZIONE E IL CONTROLLO AMBIENTALE LS

CE, cds: S

Docenti: **Vittorio Degli Esposti,** ric.
Gabriele Falciasecca, prof. ord.

Programma del corso:
1) Fondamenti di propagazione
Teoria assiomatica della radiazione, equazione del radiocollegamento, schiere di antenne, esempi.

2) Propagazione in ambiente reale
Propagazione in spazio libero, effetto doppler, polarizzazione, spettro di Fourier, direzione di arrivo. Def. Di Radianza. Radiazione termica. Cenni su riflessione e diffrazione propagazione multicammino.

3) Principi/metodi
Principi e metodi per il telerilavamento: onda continua, sinusoide modulata, codice. Utilizzo di schiere per beam forming e direction finding, phased arrays, matrice di Butler., L'algoritmo MUSIC.

4) Tecniche di radiolocalizzazione basate su reti cellulari
Coperture cellulari. Sistemi FDMA/TDMA, sistemi CDMA. Trasmissione spread spectrum e sue potenzialità.

5) Tecniche di radiolocalizzazione basate su sistemi ad-hoc. Cenni sui sistemi GPS e GALILEO.

6) Radioaiuti, ILS

7) Fondamenti di telerilevamento passivo e attivo
Interazione tra onde e.m. superfici e atmosfera. Radiometri. Applicazioni ed esempi.Lidar, Scatterometri, Radar SLR, Radar SAR.

TECNOLOGIA MECCANICA LA **FO, cds: ltm**
Docente: **Luca Tomesani** prof. ass.

Programma d'esame:
I MATERIALI METALLICI
Richiami sulla costituzione della materia; lo stato metallico: allotropia; solidificazione; grani cristallini e giunti; difetti nei metalli; concetti di isotropia ed omogeneità.
CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI METALLICI
Prova di trazione
Schema di una pressa per prove di trazione; diagrammi carico-spostamento; diagrammi tensione nominale-deformazione ingegneristica; incrudimento del materiale; fenomeno di instabilità plastica in trazione (strizione); effetto di intaglio.
Prova di fatica
Generalità; metodologie.
Prova di resilienza
Descrizione dell'attrezzatura; modalità di esecuzione; temperatura di transizione.
Prove di durezza
Brinell; vickers; rockwell.
CENNI DI SIDERURGIA
La produzione dell'acciaio
Convertitori; forno elettrico; convertitore a ossigeno (L.D.).
Principali metodi di colata
In lingottiera; colata continua.
LEGHE FERROSE
Leghe: concetti preliminari
Principali tipi di iagrammi di stato.
Il ferro: leghe Fe-C
Reticoli cristallini del ferro; trasformazioni allotropiche; volumi specifici delle fasi; diagramma di stato (stabile e metastabile); solidificazione delle leghe siderurgiche.
Le ghise
Generalità; la grafite: classificazioni ed effetti; interventi sulla grafite: ghise malleabili, sferoidali; interventi sulla matrice metallica; proprietà delle ghise; designazioni convenzionali.
Gli acciai
Classificazioni degli acciai; velocità nelle trasformazioni all'austenite: isteresi; principali strutture di trasformazione: perliti, bainiti, martensite; durezza degli acciai; temporalità: curve di Bain e curve ad U; misura della tempralità: prova Jominy; tempra efficace; mezzi tempranti; leganti degli acciai; designazione convenzionale degli acciai.
Trattamenti termici
Bonifica; ricotture (vari tipi); normalizzazione.
Trattamenti di indurimento superficiale
Cementazione; carbonitrurazione; nitrurazione; tempra superficiale.

FONDERIA
Fenomeni di segregazione dei getti; il ciclo di formatura da liquido.
Fusione in terra
Modello; terre per fonderia; formatura; colata.
Fusione in forma permanente
A gravità; sotto pressione.
Microfusione
SALDATURA
Autogena
Per fusione: ossiacelitenica; ad arco (vari tipi). Per pressione: bollitura; per punti; brasature.
LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA
Generalità.
Laminazione
Condizione di afferraggio; forza di laminazione; laminatoi; fabbricazione di barre e profilati; fabbricazione dei tubi.
Stampaggio e ricalcatura
Generalità; metodologie.
Trafilatura
Generalità e metodi; condizioni di trafilatura.
Imbutitura
Generalità; limiti e rapporto di imbutitura.
Estrusione
Estrusione diretta e inversa; curva carico-corsa.
Punzonatura e tranciatura
Generalità.
Calandratura e piegatura
Generalità; raggio di curvatura.

TECNOLOGIA MECCANICA LB **FO, cds: ltm**
Docente: **Giovanni Baroncini** prof. inc.

Programma del corso:
GENERALITA SULLA TECNOLOGIA DELL'ASPORTAZIONE DI TRUCIOLO
Taglio ortogonale semplice
Geometria dell'utensile generico: angoli di taglio e di spoglia superiore e inferiore
Caratteristiche meccaniche principali dei materiali (di taglio e in lavorazione) e variazione della geometria utensile alla luce di queste caratteristiche.
Velocità di taglio e sua influenza (insieme alla geometria utensile) sulla temperatura, forze in gioco, usure e conseguente durata del tagliente.
Cenni sui costi complessivi derivanti dalle scelte operate nei riguardi della velocità di taglio in funzione dei costi di macchine, utensili, e manodopera.
Parametri di lavorazione in una generica asportazione lineare (taglio ortogonale), larghezza e altezza truciolo, rapporto corretto fra i due, tagliente primario e secondario.
Sgrossatura e finitura, non proporzionalità fra valore della sezione del truciolo e la relativa velocità di taglio che conferisce la stessa durata del tagliente.
Durata della passata, tempi complessivi di lavorazione.
Materiali utilizzati nella costruzione degli utensili, caratteristiche e confronti.

Rettificatura: principio di intervento dell'utensile generico (distinzione dagli altri sistemi di asportazione di truciolo) abrasivi e sistemi di aggregazione degli stessi.
TORNITURA
Generalità macchine utensili in generale e in particolare il tornio: componenti, funzionamento, attrezzature.
Geometria dell'utensile specifico, varie tipologie (integrali e ad inserti), geometria degli inserti.
Modalità di taglio e parametri di lavorazione (sgrossatura e finitura).
Velocità di taglio e scelta su tabelle specifiche (estratte da manuale della ditta HERTEL)
Controllo della forma del truciolo
Calcolo della potenza assorbita con l'ausilio di tabelle (HERTEL).
Generalità sulle macchine tornitrici.
FRESATURA
Modalità di lavorazione in fresatura, utensile fresa (geometria).
Tipologia delle fresatrici (ad asse orizzontale e verticale).
Tipologia frese integrali e ad inserti, montaggio in relazione alle macchine e ai mandrini.
Parametri di lavorazione, individuazione della velocità di taglio (tabelle HERTEL).
Calcolo della potenza assorbita con l'ausilio di tabelle (HERTEL).
Generalità sulle macchine fresatrici.
FORATURA
Modalità di lavorazione anche nel confronto con la fresatura; fori dal pieno ciechi e passanti, allargamento e finitura, svasature e lamature).
Utensili: punte elicoidali, utensili ad inserto; allargatori, svasatori e lamatori integrali e ad inserto.
Parametri di lavorazione e individuazione della velocità di taglio per le punte elicoidali, con l'ausilio di tabelle (HERTEL).
Calcolo della potenza assorbita con l'ausilio di tabelle (HERTEL).
Generalità sulle macchine foratrici.
ALESATURA
Modalità di lavorazione, generalità sulle alesatrici
LIMATURA, PIALLATURA, STOZZATURA
Cenni sulle modalità di lavorazione e sullo schema di di funzionamento delle relative macchine.
BROCCIATURA
Campo di impiego, utensile (broccia) e suo funzionamento, schema generale della brocciatrice.
RETTIFICATURA
Utensili: carte e tele abrasive, mole, specifiche delle mole, generalità sulle rettificatrici. Campi di impiego della rettificatura.
CONTROLLO NUMERICO
Direzioni e versi delle coordinate cartesiane secondo le norme ISO sulle macchine utensili CN.
Zero-pezzo, posizionamento dell'utensile (coordinate) rispetto ai punti di discontinuità del profilo pezzo in relazione al percorso di lavorazione; cambiamento delle coordinate a parità di posizione al cambiare del riferimento utensile (punto virtuale, punto di tangenza, punto traccia asse circonferenza fresa o raccordo utensile tornio).
Programmazione ISO: funzioni principali, semplici cicli di lavoro e relativa programmazione ISO.
Zero-macchina come origine di partenza ripetibile, recepimento e memorizzazione della distanza fra 0-macchina e
0-pezzo per ogni asse e ogni utensile (correttore); gestione dei correttori in associazione con i raggi utensili come dati necessari alla gestione automatica del cambio utensile.
Compensazione raggio utensile, concetto e criteri di gestione.
CICLO DI LAVORO

Esempio di produzione di un semplice pezzo di tornitura con descrizione delle operazioni eseguite su tornio tradizionale, descrizione degli utensili scelti da catalogo, definizione mediante foglio di calcolo e tabelle dei parametri di taglio tenendo presente il tornio di cui è dotata la sede del corso.
Esempio di produzione dello stesso pezzo su generico tornio a controllo numerico con stesura del programma ISO, accompagnato da foglio di calcolo e tabelle per i parametri di lavorazione e rappresentazione degli utensili adottati e criteri di differenziazione da quelli adottati nell'esempio precedente.

TECNOLOGIE DI CHIMICA APPLICATA LS **FO, cds: lsm**
Docente: **Virna Bonora** ric.

Programma del corso:
Generalità sui materiali. Relazione struttura e proprietà dei materiali. Trasformazioni di fase e diagrammi di stato.
Materiali metallici. Principali leghe non ferrose: leghe dell'alluminio e del magnesio. Normativa
Materiali ceramici. Ceramici tradizionali ed avanzati. Materie prime e tecnologie di produzione. Caratteristiche e prestazioni. Normativa
Materiali polimerici. Metodi industriali di produzione e lavorazione dei materiali polimerici. Relazione proprietà e struttura. Additivi. Normativa
Materiali compositi. Generalità sui diversi tipi di materiali compositi. Materiali compositi a matrice polimerica. Processi di trasformazione dei materiali compositi a matrice polimerica. Normativa
Corrosione e protezione dei materiali. Generalità sulla corrosione dei diversi tipi di materiali e metodi di protezione. Normativa.
Una parte del corso, di circa 10 ore complessive, è tenuta da un esperto del settore sui ceramici avanzati.
Sono previste esercitazioni in aula su applicazioni numeriche relative agli argomenti trattati nel corso ed in laboratorio sulla determinazione sperimentale di alcune proprietà.
Agli studenti vengono fornite le copie su carta dei lucidi proiettati nel corso delle lezioni.

Modalità svolgimento esame:
L'esame consiste in un colloquio individuale sugli argomenti trattati nelle lezioni.

Testi consigliati

W.D. CALLISTER JR., *Materials science and engineering, an introduction*, John Wiley & Sons, 1999.
D.R. ASKELAND, *The science and Engineering of materials*, Chapman & Hall, 1991.
W. KURZ, J.P. MERCIER, G. ZAMBELLI, *Introduzione alla scienza dei materiali*, Hoepli, 1997.
WILLIAM F. SMITH, *Scienza e tecnologia dei materiali*, Mc. Graw Hill Ed., 1996.

TECNOLOGIE PER SISTEMI A RADIOFREQUENZA LS — CE, cds: S

Docente: **Alessandra Costanzo**, prof. ass.

Finalità del corso:

Il corso si propone di fornire gli strumenti necessari per il progetto dei componenti dei moderni front-end a Radiofrequenza (amplificazione, conversione di frequenza ed oscillazione) sia in regime quasi-periodico, sia in regime di segnali modulati digitalmente.

Il metodo del Bilanciamento Armonico sarà lo strumento di simulazione utilizzato per analizzare e progettare tali circuiti..

Programma del corso:

Il front-end ed i suoi blocchi funzionali fondamentali: architetture tipiche dei front-end per ricetrasmettitori portatili.

CAD dei circuiti a radiofrequenza e sua importanza nella progettazione dei moderni sistemi ricetrasmettitori.

Analisi non lineare dello stato stazionario dei componenti di un Front-end

Amplificatori: tipi; grandezze caratteristiche. Amplificatori ai piccoli segnali. Amplificatori ai grandi segnali: effetti non lineari; CAD.

Mixer: bilanciati, a reiezione di immagine, a banda laterale soppressa; CAD.

Oscillatori: condizioni di innesco e condizioni di oscillazione; dispositivi per oscillatori; stabilità; CAD.

Metodo del Bilanciamento Armonico: schema generale del metodo; risoluzione del sistema: metodo di Newton.

Funzioni di rete per circuiti non lineari: compressione e distorsione in amplificatori/mixer.

Elaborazione non lineare di segnali a modulazione digitale: metodo del Bilanciamento Armonico a fasori tempo-varianti.

Progetto deterministico: dai progetti empirici allo sviluppo del CAD; progetto mediante analisi ripetute; specifiche e maschere; ottimizzazione e relativi algoritmi; progetto a banda stretta e a banda larga.

Esercitazioni di laboratorio: illustrazione dell'uso di programmi di CAD commerciali; problemi di analisi e progetto risolti mediante programmi commerciali di CAD.

Testi consigliati:

"Microwave circuit design using linear and nonlinear techniques"; George D. Vendelin, Anthony M. Pavio, Ulrich R. Rhode; Wiley.

"Nonlinear microwave circuits"; Stephen A. Maas; Artech House.

Modalità di svolgimento dell'esame:

Consiste in una prova orale.

TEORIA DELL'INFORMAZIONE E CODICI LS — CE, cds: S

Docente: **Marco Chiani** prof. straord.

Programma del corso:

Misura dell'informazione e Codifica di sorgente

Incertezza, Informazione, Entropia. Entropia di sorgenti discrete. Ridondanza di sorgente.

Applicazione: ridondanza della lingua italiana.

Codifica di sorgente: codici a lunghezza fissa e variabile. Codici non ambigui, codici istantanei, codici a prefisso. Codici a prefisso: la disuguaglianza di Kraft. Teorema della codifica di sorgente. Codice di Huffman. Codice di Lempel-Ziv. Applicazioni: facsimile, compressione file binari. Codifica di sorgenti continue: codifica lineare predittiva (LPC), quantizzazione vettoriale, codifica con trasformate (DCT). Applicazione ai segnali video.

Capacità di canale

Il canale discreto senza memoria. Incertezza a priori, equivocazione, informazione mutua. Capacità di un canale discreto senza memoria.

Il principio di conservazione dell'informazione. La disuguaglianza di Fano. Teorema della codifica di canale. Variabili aleatorie continue: entropia differenziale e sue proprietà. La distribuzione Gaussiana come estremale dell'entropia nel caso continuo. Capacità di canali con rumore additivo Gaussiano: la formula di Hartley-Shannon. Il piano efficienza spettrale – rapporto segnale rumore.

Codifica di canale

Sicurezza e protezione dell'informazione. Correzione e rivelazione di errori nella trasmissione dati. Guadagno di codifica. Codici a blocco lineari. Matrice generatrice del codice. Codici equivalenti. Codici sistematici. Codici duali. Matrice di controllo della parità. Codici di Hamming. Codici di Reed-Muller.

Elementi di teoria della decisione: criterio della massima probabilità a posteriori (MAP), criterio di massima verosimiglianza (ML).

Decodifica ottima basata su hard e soft decisions. Union bound. Capacità di rivelazione e correzione di errori di codici a blocco. Codici perfetti. Codici ciclici. Codici ciclici in forma sistematica. Circuiti moltiplicatori e divisori con shift register. Esempi: codice di Hamming ciclico, codice CCITT per X25.

Codici per la rivelazione di errore e tecniche di ritrasmissione (ARQ).

Principali codici ciclici: codici di Hamming ciclici, codice di Golay. Codici a massima lunghezza. Sequenze pseudo-casuali: principali proprietà. Lo scrambling. Codici BCH. Codici di Reed-Solomon. Cenni sui decodificatori algebrici.

Codici convoluzionali: diagramma ad albero, diagramma a trellis, diagramma degli stati. Decodifica mediante l'algoritmo di Viterbi: aspetti implementativi e complessità. Probabilità di errore per codici convoluzionali. Distanza libera del codice. Pairwise probability.

Canali con errori a burst: interleaving e FEC. Codici concatenati. Decodifica iterativa: turbocodici, codici basati su matrici sparse.

Applicazioni

Compressione e protezione dell'informazione nei sistemi di memorizzazione CD e DVD, nei sistemi radiomobili cellulari, nel sistemi di trasmissione da satellite, nelle reti wireless locali.

Bibliografia

THOMAS M. COVER, JOY A. THOMAS, *Elements of Information Theory*, Wiley, New York, 1991.
JOHN G. PROAKIS, *Digital Communications*, Mcgraw-hill, New York.

TRASPORTI AEREI LS **FO, cds: lsa**

Docente: **Marino Lupi** prof. straord.

Obiettivi del corso:

Fornire agli studenti le conoscenze sulle caratteristiche dei sistemi di trasporto aereo

Programma del corso:

Caratteristiche generali e regolamentazione del trasporto aereo

Caratteristiche ed evoluzione del traffico aereo commerciale. La regolazione internazionale del trasporto aereo: le "libertà dell'aria", gli accordi bilaterali. La deregolamentazione del trasporto aereo negli USA ed in Europa. La fase detta degli "open skies". Verso una nuova regolamentazione del trasporto aereo.

Costi delle compagnie aeree

Costi di produzione del trasporto aereo. Bilancio di esercizio delle compagnie aeree: costi operativi e non operativi; costi operativi diretti e costi operativi indiretti. Metodi di classificazione dei costi del trasporto aereo. Analisi dei costi operativi diretti di un velivolo per ora di "block-time". Andamento dei costi di produzione del trasporto aereo nel tempo. Economie di scala nel trasporto aereo.

Sistemi di trasporto aereo

Generalità sui sistemi di trasporto. I sistemi di trasporto aereo. Sottosistema della domanda e sottosistema dell'offerta. Interazione fra domanda e offerta nei sistemi di trasporto aereo

Domanda di Trasporto Aereo

Generalità sulla domanda di trasporto. La domanda di trasporto aereo. L'importanza del motivo dello spostamento nell'analisi della domanda di trasporto aereo. Elasticità della funzione di domanda. Fattori che influenzano i livelli e lo sviluppo della domanda di trasporto aereo. Previsione della domanda basata sull'analisi delle serie storiche: vari tipi di proiezione. Modelli causali: modelli non comportamentali e modelli comportamentali. Modelli non comportamentali nella domanda di trasporto aereo: macromodelli di domanda; modelli di domanda "per coppie di città". Calibrazione dei modelli descrittivi. Modelli comportamentali nella domanda di trasporto aereo. Fonti di aleatorietà nella funzione utilità. Il modello "logit" di utilità aleatoria. Caratteristiche e difetti del modello logit. Il modello "nested logit". Il modello "probit". Applicazioni dei modelli di utilità casuale al trasporto aereo. Il problema delle punte nella domanda di trasporto aereo. La determinazione delle tariffe nel trasporto aereo: i diversi approcci. Il ruolo dello "yield management".

Reti di Trasporto Aereo

Il modello aleatorio di scelta dell'itinerario in una rete di trasporto aereo. Problema della pianificazione delle frequenze in una rete di trasporto aereo. Misure di "performance": punto di vista della compagnia, punto di vista dell'utente. Reti di trasporto aereo secondo il modello "hub-and-spoke".

Aeroporti

Classificazione degli aerei commerciali e principali tipologie. Evoluzione nel tempo delle principali caratteristiche: velocità di crociera, produttività, tipologia dei motori. L'"Airport Master Plan": generalità. Le diverse fasi di un "Airport Master Plan": analisi dei requisiti; selezione del sito; schema planimetrico dell'aeroporto; piano finanziario. L'effetto delle caratteristi-

che di un aereo sulla lunghezza della pista di volo. Classificazione degli aeroporti. Orientamento di una pista di volo in funzione dei venti. L'ubicazione delle piste di volo in relazione alla presenza di ostacoli naturali o artificiali: le superfici limite. Capacità di una pista aeroportuale: generalità. Determinazione della capacità di una pista. Tipi di terminali aeroportuali: a moli, a satelliti, lineare, a "transporter". Inquinamento acustico negli aeroporti. Il rumore come fenomeno fisico e psico-fisiologico. Metodi di misura del rumore aereo: indice "WECPNL" e indice "livello equivalente giorno notte". Principali procedure per la valutazione dei progetti nel campo dei trasporti aerei: l'analisi costi- benefici, l'analisi multicriteria

Esercitazioni:

Le esercitazioni consistono in esempi ed applicazioni degli argomenti in programma.

Modalità d'esame

Prova orale.

ANNOTAZIONI

ANNOTAZIONI

ISBN 88-491-2182-2

€ 18,00