

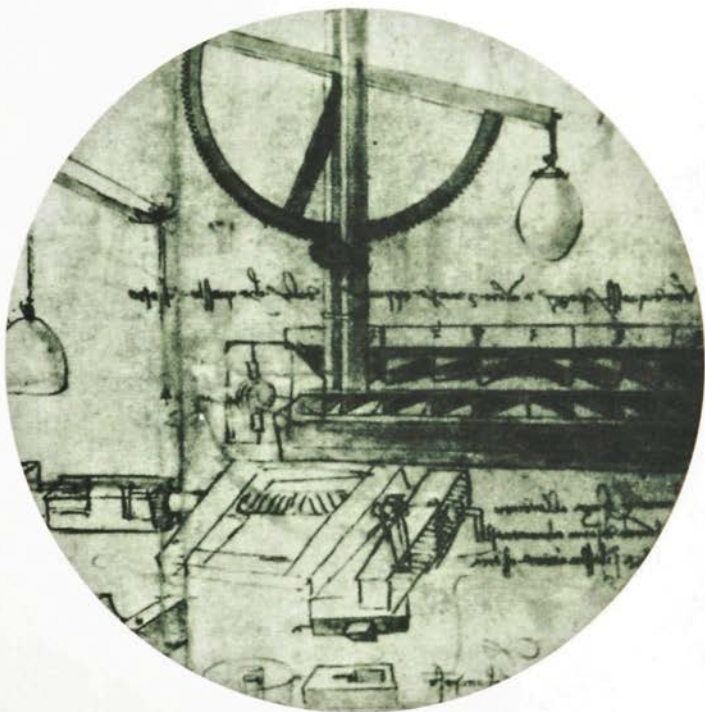
guida

dello studente

Università
degli studi
di Bologna



Facoltà di
Ingegneria



Anno accademico 1999-2000


CLUEB



CLUEB



D.P.E. srl

Libreria Clueb DPE
via Marsala, 31 b
40126 Bologna

*Un servizio completo e
tempestivo su tutto
il catalogo Clueb*

Tel. 051.220736 – Fax 051.237758
<http://www.clueb.com>

TORRE GAB GUIDE 1999



Libreria Club DRE
via Marsala, 31b
40126 Bologna

Un servizio completo e
temporale su tutto
il catalogo Club

Tel. 051.237758 - Fax 051.237758
<http://www.club.com>

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA

GUIDA DELLO STUDENTE
PER LA FACOLTÀ DI
INGEGNERIA

Anno Accademico 1999-2000

Biblioteca "Gian Paolo Dore"
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
INV. N° 14367



© 1999 by CLUEB
Cooperativa Libreria Universitaria Editrice Bologna

ISBN 88-491-1355-2

CLUEB
Cooperativa Libreria Universitaria Editrice Bologna
40126 Bologna - Via Marsala 31
Tel. 051 220736 - Fax 051 237758

Finito di stampare nel mese di ottobre 1999
dalla Legoprint - Lavis (TN)



PRESENTAZIONE

Questa Guida è stata realizzata per coloro che sono interessati a conoscere l'organizzazione degli studi dei Corsi di laurea della Facoltà di Ingegneria, 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.

L'offerta formativa della Facoltà si è arricchita in questi ultimi anni con l'attivazione di nuovi Corsi di laurea che rispondono da un lato a forti sollecitazioni del mondo produttivo e dall'altro alla necessità di adeguare l'Università italiana al sistema universitario dei Paesi europei più progrediti.

Contestualmente sono stati potenziati e aggiornati i curricula dei Corsi di laurea tradizionali con l'attivazione di Indirizzi particolarmente rispondenti alle più moderne esigenze tematiche del mondo della produzione e dei servizi.

Sono indicate nella Guida le modalità di accesso ai Corsi di laurea e sono esposti il Manifesto 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.

Nell'ambito delle possibilità offerte dai nuovi provvedimenti di autonomia universitaria, promossi dal Ministero, la Facoltà di ingegneria ha elaborato progetti di serializzazione (parziale o totale) fra Corsi di diploma universitario e Corsi di laurea affini, per offrire agli studenti dei Corsi di studio in ingegneria un'uscita intermedia verso il Diploma o la prosecuzione degli studi verso la Laurea.

Tali progetti riguardano:

1. il settore meccanico-aerospaziale con riferimento ai Diplomi Universitari in ingegneria Meccanica e in Ingegneria Aerospaziale, presso la sede di Forlì;
2. il settore dell'Informazione e in particolare il Diploma Universitario in ingegneria Biomedica, presso la sede di Cesena;
3. il settore edile e in particolare il Diploma Universitario in Edilizia, presso la sede di Cesena;
4. il settore elettrico e il settore dell'"informazione" presso la sede di Bologna.

Infatti per l'anno accademico entrante, in coerenza con quanto sopra richiamato, vengono attivati i primi tre anni di due nuovi Corsi di laurea in ingegneria, Aerospaziale e Meccanica, presso la sede di Forlì, in comune con il triennio dei corrispondenti Corsi di diploma, e il primo anno di un nuovo Corso di laurea in ingegneria Biomedica, presso la sede di Cesena, in comune con il primo anno del corrispondente Corso di diploma.

Inoltre presso la sede di Bologna, in via sperimentale e in attesa dei prossimi decreti ministeriali, viene attivato per i Corsi di laurea del settore Elettrico e del settore dell'Informazione (ingegneria Elettronica e Informatica e delle Telecomunicazioni) un primo anno di Corso fruibile anche per il percorso di primo livello (Diploma universitario).

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

settembre 1999

il Preside
prof. ing. Arrigo Pareschi

INDICE

	<i>pag.</i>
Informazioni generali	9
Regolamento didattico della Facoltà	12
Norme generali di segreteria	27
– immatricolazione ai Corsi di laurea	27
– iscrizione ad anni successivi al primo	28
– opzioni al nuovo ordinamento	28
– disposizioni generali	28
– studenti ripetenti	29
– studenti fuori Corso	29
– esami di profitto	29
– Corsi liberi	30
– decadenza	30
– rinuncia	30
– normativa per gli sbarramenti	31
– prova di conoscenza della lingua inglese	31
– conservazione degli elaborati scritti	31
– avvertenze per la compilazione dei piani di studio individuali	31
– trasferimenti	32
– esonero tasse	32
Tutorato	33
Note esplicative sui Corsi di laurea e loro Indirizzi e Orientamenti	34
ingegneria chimica	34
ingegneria civile	35
ingegneria edile	36
ingegneria elettrica	37
ingegneria del settore dell'informazione (generalità)	38
ingegneria elettronica (settore dell'Informazione)	40
ingegneria informatica (settore dell'Informazione)	41
ingegneria delle telecomunicazioni (settore dell'Informazione)	43
ingegneria gestionale	44
ingegneria meccanica	45
ingegneria nucleare	48
ingegneria per l'ambiente e il territorio	50
Manifesto degli studi dei Corsi di laurea	53
ingegneria edile	53
ingegneria chimica	55
ingegneria civile	57

ingegneria delle telecomunicazioni	61
ingegneria elettrica	62
ingegneria elettronica	65
ingegneria gestionale	69
ingegneria informatica	71
ingegneria meccanica	74
ingegneria nucleare	78
ingegneria per l'ambiente e il territorio	80
ingegneria aerospaziale (sede di Forlì)	85
ingegneria biomedica (sede di Cesena)	86
ingegneria meccanica (sede di Forlì)	88
Calendario	90
1) delle lezioni	90
2) degli esami di profitto	90
3) della didattica e degli esami sperimentali per l'A.A. 1999/2000	91
4) degli esami di laurea	91
Strutture didattico-scientifiche ed Insegnamenti afferenti	93
Biblioteca	100
Elenco degli Insegnamenti	101
Programmi degli Insegnamenti	114
(41) ingegneria chimica	114
(42) ingegneria civile	157
(40) ingegneria edile	231
(45) ingegneria elettrica	263
(49) ingegneria meccanica	302
(50) ingegneria nucleare	353
(51) ingegneria per l'ambiente e il territorio	382
(47) ingegneria gestionale	433
(informaz.) ingegneria del settore dell'Informazione	460
(43) ingegneria delle telecomunicazioni (settore dell'Informazione)	460
(46) ingegneria elettronica (settore dell'Informazione)	460
(48) ingegneria informatica (settore dell'Informazione)	460
I programmi degli Insegnamenti di ingegneria Biomedica, di ingegneria Aerospaziale, di ingegneria Meccanica, tenuti presso le rispettive sedi decentrate di Cesena-Forlì-Forlì, sono riportati sulla Guida dei Corsi di diploma universitario della Facoltà.	
Dati statistici	557

INFORMAZIONI GENERALI



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

Preside: prof. ing. Arrigo Pareschi

Strutture generali:

- presidenza, viale Risorgimento 2 - 40136 Bologna tel. 051-2093935
..... fax 051-2093604
- e-mail presidenza: bonavoglia@presing.ing.unibo.it
grassi@presing.ing.unibo.it
negroni@presing.ing.unibo.it
pesce@presing.ing.unibo.it
ramponi@presing.ing.unibo.it
morigi@presing.ing.unibo.it
- portineria di viale Risorgimento 2 tel 051-2093930
- 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: segrfac@presing.ing.unibo.it
- portineria di via Saragozza 8 tel. 051-2093934

Strutture con riferimenti didattico-disciplinari alla Facoltà

- DAPT tel. 051-2093155
(dipartimento di architettura e pianificazione territoriale)
direttore: prof. Adolfo Cesare Dell'Acqua
e-mail: inglese@opac.cib.unibo.it
..... fax 051-643156
segretario amministrativo: dr. Massimo Alberghini
- DEIS tel. 051-2093001
(dipartimento di elettronica, informatica e sistemistica)
direttore: prof. Gabriele Falciasacca
e-mail: org@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. Piero Manaresi
 e-mail: dichiasm1@ingbo1.cineca.it
 fax 051-2093218
 segretario amministrativo: dr. Sebastiano Manno
- DICMA tel. 051-2093135
 (dipartimento di ingegneria chimica, mineraria e delle tecnologie ambientali)
 direttore: prof. Francesco Santarelli
 e-mail: segreteria@dicm0.ing.unibo.it
 fax 051-581200
 segretario amministrativo: dr. Francesca Marzot
- DIE tel. 051-2093561
 (dipartimento di ingegneria elettrica)
 direttore: prof. Ugo Reggiani
 e-mail: ammin.die@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. Sergio Curioni
 e-mail: ferper@iris.ingfo.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: dienca@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. Agostino Antonio Cannarozzi
 e-mail: distart@lamcbo.ing.unibo.it
 fax 051-2093495
 segretario amministrativo: dr. Lorenza Pucci

- Dipartimento di FISICA tel. 051-6305255
direttore: prof. Attilio Forino
e-mail: direzione@df.unibo.it
..... fax 051-252774
segretario amministrativo: dr. Rosa De Simone
- Dipartimento di MATEMATICA tel. 051-2094402
direttore: prof. Mirella Manaresi
e-mail: serras@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. Tommaso Antonio Ruggeri
e-mail: ruggeri@ciram.ing.unibo.it
..... fax 051-582528
segretario amministrativo: sig.ra Bianca Maria Angeloni Riva

REGOLAMENTO DIDATTICO DELLA FACOLTÀ DI INGEGNERIA (estratto)

TITOLO I CAPO I: ORGANI

Art. 1

Funzioni ed organi della Facoltà

La Facoltà, nella composizione prevista dallo Statuto Generale d'Ateneo, ha il compito primario di organizzare l'attività didattica, tenendo conto delle esigenze degli studenti e di un'equa ripartizione dell'impegno didattico dei docenti al sensi dello Statuto Generale di Ateneo.

Sono Organi della Facoltà il Preside, il Consiglio di Facoltà, la Commissione Didattica, il Consiglio di Presidenza e i Consigli di Corso di studio.

L'Allegato A, denominato "Regolamento di funzionamento del Consiglio di Facoltà", regolamenta sia il modo di operare del C.d.F, sia la composizione, le modalità di designazione, le competenze, la durata in carica dei membri e le modalità di funzionamento delle sue Commissioni permanenti e dei suoi Comitati di gestione.

Art. 2

Commissione didattica di Facoltà

Presso la Facoltà è istituita una Commissione didattica per l'esercizio delle funzioni ad essa attribuite dallo Statuto Generale d'Ateneo.

Oltre alle funzioni riservate dall'art.19 dello Statuto Generale d'Ateneo, la Commissione didattica di Facoltà esprime un parere obbligatorio in ordine alla programmazione didattica generale deliberata annualmente dalla Facoltà, secondo quanto previsto dall'art. 3.3 dello Statuto Generale d'Ateneo.

La Commissione Didattica della Facoltà di Ingegneria:

- a) istruisce e coordina le pratiche riguardanti le attività didattiche della Facoltà;
- b) esprime pareri su problemi didattici della Facoltà sottoposti alla sua attenzione dagli Organi Accademici;
- c) propone criteri generali per risolvere problemi didattici comuni a più Corsi di studio coordinando l'operato dei relativi Consigli ai fini di rendere omogeneo il servizio didattico offerto dalla Facoltà;
- d) propone iniziative per il coordinamento con i Servizi di Segreteria;
- e) propone iniziative che possano incrementare l'efficacia del rapporto tra la Facoltà e gli studenti;
- f) redige annualmente una relazione sullo stato dell'attività didattica formulando proposte idonee a superare eventuali inconvenienti.

La Commissione Didattica è costituita oltre che dal Preside o da un suo rappresentante, che la presiede, da 16 membri di cui 6 docenti, 2 ricercatori e 8 studenti membri del C.d.F.

L'elettorato passivo dei docenti e dei ricercatori è esteso alle componenti non presenti in Consiglio di Facoltà.

I membri docenti della C.D. sono designati dai professori di ruolo in una seduta del C.d.F successiva all'elezione del Preside e restano in carica tre anni in corrispondenza del mandato del Preside. Le elezioni avvengono a scrutinio segreto con l'indicazione al più di due nominativi.

I membri ricercatori della C.D. sono designati dalla intera categoria nella stessa giornata di cui alle elezioni precedenti e restano in carica tre anni in corrispondenza del mandato del Preside. Le elezioni avvengono a scrutinio segreto con l'indicazione al più di due nominativi.

I membri studenti della C.D. sono designati dai rappresentanti della categoria nel Consiglio di Facoltà. Le elezioni sono indette dal Preside entro 15 giorni dalla loro proclamazione a membri del C.d.F. Il seggio elettorale è allocato in Facoltà e resta aperto per una giornata. Le elezioni avvengono a scrutinio segreto con l'indicazione al più di due nominativi. Gli eletti restano in carica fino alle successive elezioni studentesche.

Il Preside nomina il suo rappresentante prima delle elezioni scegliendolo tra i professori di I fascia della Facoltà, e ciò al fine di garantire la sua partecipazione alla istruzione ed al dibattito delle pratiche relative a tutte le componenti.

In caso di dimissioni o di cessazione dei membri eletti, si procede alla sostituzione secondo i risultati delle votazioni. Ogni membro è immediatamente rieleggibile una sola volta.

La convocazione della C.D. è effettuata dal Preside o dal suo rappresentante, ed è obbligatoria se richiesta da almeno un terzo dei componenti; gli argomenti devono essere chiaramente indicati nell'ordine del giorno.

La Commissione Didattica esprime valutazioni e pareri solo quando è presente la maggioranza degli aventi diritto ed a condizione che gli argomenti siano stati indicati nell'ordine del giorno. Pareri e delibere sono verbalizzati. L'obbligo di acquisizione di un parere della C.D. si considera assolto qualora non espresso entro un termine ritenuto congruo dalla Facoltà e da essa di volta in volta stabilito.

Ai fini della valutazione della programmazione didattica generale la C.D. esamina il ventaglio dell'offerta didattica in rapporto alle esigenze culturali e professionali dell'ingegnere ed all'andamento temporale della domanda, giudicando altresì il rispetto delle norme in vigore ed il grado di recepimento delle direttive europee, nazionali e di Ateneo.

Ai fini della valutazione del buon andamento dell'attività didattica la C.D. raccoglie l'opinione degli studenti tramite un questionario sulla didattica, di cui elabora e rende annualmente disponibili i risultati; può altresì predisporre altri questionari richiedendone la compilazione ai Consigli di Corso di studio ed ai docenti. La C.D. può infine anche utilizzare informazioni raccolte dai Dipartimenti che supportano l'attività didattica della Facoltà e dati statistici ottenuti dall'Osservatorio di Ateneo, dalla Commissione Censimento e Osservatorio Scientifico della Facoltà e dalla Segreteria di Facoltà.

Aspetti espressamente oggetto di valutazione sono l'articolazione dell'anno accademico dal punto di vista della fruibilità dei periodi di studio e di esame, l'agibilità delle sedi dal punto di vista dell'adeguatezza delle risorse logistiche e di supporto alla didattica, il dimensionamento delle risorse in rapporto all'efficacia dell'azione didattica, le modalità di

svolgimento dei compiti didattici, la qualità del materiale didattico fornito agli studenti, le statistiche sulla durata degli studi, le statistiche sui voti attribuiti in sede di esame.

La Commissione considera di aver raggiunto l'intesa sulla valutazione dell'efficacia dell'organizzazione didattica se il corrispondente deliberato raccoglie almeno il 75% dei voti positivi dei presenti alla riunione appositamente convocata per tali valutazioni; in caso che l'intesa non venga raggiunta nei termini sopraindicati, hanno diritto di inserimento nella relazione finale, in contrapposizione, i deliberati che hanno raccolto almeno il 25% dei voti positivi dei presenti.

Il successivo art. 18 regolamenta ogni modalità di funzionamento della C.D. che non sia stata qui espressamente prevista.

Art. 3

Consiglio di Presidenza

Il Consiglio di Presidenza non è costituito.

CAPO II: DIDATTICA

Art. 4

Accesso ai Corsi di studio

Il Senato Accademico, entro il 30 giugno di ogni anno, delibera e rende pubbliche le determinazioni relative alle immatricolazioni ed alle iscrizioni.

Ai fini di quanto previsto dall'art. 29 dello Statuto Generale d'Ateneo, la "fase di avviamento" dei corsi di nuova attivazione si ritiene conclusa al termine di un periodo di tempo pari alla durata legale del corso di studi e comunque con delibera del Senato Accademico, sentito il Consiglio Studentesco, sulla base di una relazione motivata della Facoltà, tenendo conto, fra l'altro, della disponibilità di aule, laboratori, biblioteche, personale docente e tecnico amministrativo.

Art. 5

Modalità di iscrizione e limiti ai fuori corso

Per tutti i Corsi di laurea sono previste le seguenti modalità di sbarramento all'iscrizione:

- non possono essere iscritti al secondo anno di corso gli studenti che non abbiano già superato gli esami di almeno due annualità del primo anno,
- non possono essere iscritti al terzo anno di corso gli studenti che non abbiano superato almeno tutti gli esami del primo anno,
- non possono essere iscritti al quarto anno di corso gli studenti che non abbiano già superato almeno tutti gli esami del primo e del secondo anno,
- non possono essere iscritti al quinto anno di corso gli studenti che non abbiano già superato tutti gli esami del primo anno, del secondo anno e gli esami relativi ad almeno sei annualità del terzo e del quarto anno.

Per individuare l'anno di corso cui appartiene ciascun Insegnamento si fa riferimento al piano di studi dello studente.

Lo studente di un Corso di Laurea che non ha superato tutti gli esami sbarranti per l'iscrizione all'anno successivo può avvalersi della iscrizione condizionata a tale anno. Il superamento della condizione deve verificarsi entro la III sessione d'esami di cui al successivo art.10; in caso contrario lo studente è iscritto come fuori-corso dell'anno precedente, procedendosi d'ufficio all'annullamento di ogni atto relativo ad Insegnamenti dell'anno per cui ha avuto l'iscrizione condizionata.

Per tutti i Corsi di diploma sono previste le seguenti modalità di sbarramento all'iscrizione:

- non possono essere iscritti al secondo anno di corso gli studenti che non abbiano già superato gli esami corrispondenti ad almeno sei moduli didattici,
- non possono essere iscritti al terzo anno di corso gli studenti che non abbiano già superato gli esami corrispondenti ad almeno 12 moduli didattici, tra cui vanno inclusi tutti i moduli del primo anno.

Lo studente di un Corso di Diploma che non ha superato tutti gli esami sbarranti per l'iscrizione all'anno successivo può avvalersi della iscrizione condizionata a tale anno. Il superamento della condizione deve verificarsi entro la II sessione d'esami di cui al successivo art.10; in caso contrario lo studente è iscritto come fuori-corso dell'anno precedente.

NORMA TRANSITORIA

Gli iscritti in qualità di fuori corso decadono dallo status di studente qualora non superino alcun esame di profitto per 8 anni accademici consecutivi. Il termine di decadenza non si applica nei confronti dello studente in debito del solo esame finale di laurea o di diploma.

Art. 6

Modalità di frequenza

Le modalità di assolvimento dell'obbligo di frequenza (percentuale di presenza alle lezioni ed esercitazioni, e/o di prove in itinere sostenute) vengono determinate dai Consigli delle strutture didattiche tenendo anche conto della condizione di studente lavoratore e rese pubbliche anche tramite la Guida dello Studente.

L'accertamento è demandato ai docenti responsabili di ciascun Insegnamento, come pure la tempestiva comunicazione alla segreteria, al termine del corso, dell'elenco degli effettivi frequentanti; in assenza di comunicazione, la firma di frequenza è certificata d'ufficio.

Art. 7

Piani di studio

Presso la Facoltà sono istituiti i seguenti Corsi di laurea:

- 1) ingegneria chimica (codice 2141)
- 2) ingegneria civile (codice 2142)

- 3) ingegneria delle telecomunicazioni (codice 2143)
- 4) ingegneria edile (codice 2140)
- 5) ingegneria elettrica (codice 2145)
- 6) ingegneria elettronica (codice 2146)
- 7) ingegneria gestionale (codice 2147)
- 8) ingegneria informatica (codice 2148)
- 9) ingegneria meccanica (codice 2149)
- 10) ingegneria nucleare (codice 2150)
- 11) ingegneria per l'ambiente e il territorio (codice 2151)

Nel settembre 1999 sono stati inoltre attivati:

- *Corso di laurea in ingegneria Biomedica, presso la sede decentrata di Cesena: solo il I anno di Corso in comune col corrispondente Corso di diploma universitario;*
- *Corso di laurea in ingegneria Aerospaziale, presso la sede decentrata di Forlì: solo i primi tre anni di Corso in comune col corrispondente Corso di diploma universitario;*
- *Corso di laurea in ingegneria Meccanica, presso la sede decentrata di Forlì: solo i primi tre anni di Corso in comune col corrispondente Corso di diploma universitario.*

L'ordinamento didattico dei Corsi di laurea è regolamentato dalla Legge n.341/90. Gli ordinamenti deliberati dalla Facoltà, formulati ai sensi della tabella XXIX, sono indicati negli allegati Bxx/i/j (xx indica l'anno del decreto, i l'ordinale associato a ciascun Corso di laurea, j l'indice associato a versioni successive).

Gli Allegati 89/B1.1- 95/B12.1 riportano, separatamente per ciascun Corso di Laurea, il numero di annualità che occorre aver frequentato e di cui occorre aver superato l'esame per essere ammessi a sostenere l'esame di laurea, il numero di annualità per ciascun anno di corso, gli indirizzi e/o gli orientamenti attivati (questi ultimi nel solo caso in cui siano disposti in parallelo agli indirizzi), la collocazione nei diversi anni di corso delle annualità obbligatorie ed i settori scientifico-disciplinari (già riferiti al DPR 12/4/94) da cui devono essere scelte.

I Piani di studio ufficiali, formulati ai sensi delle norme sopra indicate, sono indicati nel manifesto degli studi, approvato, di norma entro il 30 aprile di ciascun anno dal C.d.F. su proposta dei competenti C.C.d.L., e pubblicati nella Guida dello Studente.

In particolare i Piani di studio ufficiali devono contenere la denominazione e la collocazione nei periodi didattici sia degli Insegnamenti monodisciplinari, sia degli eventuali Insegnamenti integrati con i loro moduli, le attività pratiche di laboratorio associate ai singoli corsi, l'indicazione, se attivati, dei corsi corrispondenti a mezza annualità e di quelli, formati da più moduli didattici, quotati in frazioni di annualità fino alla concorrenza massima di due annualità, nonché l'eventuale attività di tirocinio.

Nel manifesto degli studi i C.C.d.L. indicano anche le annualità lasciate a scelta dello studente ed i gruppi di Insegnamenti all'interno dei quali è consigliato esercitare l'opzione. Le scelte operate nell'ambito di tali Piani di studio consigliati, una volta comunicate dall'interessato alla segreteria nei tempi e con le modalità indicate nella Guida dello Studente, modificano la carriera dello studente senza la necessità di alcuna approvazione da parte del competente Consiglio di Corso di Laurea.

Lo studente può anche proporre un Piano di studio individuale, qualora sia interessato a scelte non previste dal piano ufficiale e dai Piani consigliati; la proposta deve essere presentata entro il 31 luglio dell'anno accademico precedente a quello cui il Piano di studio si riferisce ed è condizionata all'effettuazione dell'iscrizione nei termini stabiliti; le modalità di inoltrare sono indicate nella Guida dello Studente.

I criteri per l'approvazione di Piani di studio individuali, indicati negli Allegati 89/B1.1-95/B12.1 sono integrati dalle seguenti disposizioni generali.

Qualora sia consentito allo studente seguire corsi e sostenere esami fuori Facoltà, deve essere acquisita una delibera di accettazione dell'altra Facoltà.

La presentazione di Piani di studio individuali è esclusa per le matricole.

Apposite Commissioni referenti, nominate dai Consigli di Corso di Studio, valutano i Piani di studio individuali verificando altresì che il numero degli esami e degli Insegnamenti per ciascun anno di corso corrisponda con quello previsto dal piano di studio ufficiale.

Il Consiglio di Corso di Studio può ammettere la sostituzione di annualità obbligatorie esclusivamente con Insegnamenti appartenenti allo stesso settore scientifico-disciplinare.

Un Insegnamento a scelta può essere sostituito da un'attività di stage.

Lo studente, nel caso che la sua proposta non sia ritenuta approvabile, ha diritto ad essere ascoltato dalla Commissione. Le Commissioni di Corso di Studio comunicano i risultati delle valutazioni istruttorie ai rispettivi Consigli di Corso di Studio che si pronunceranno in via definitiva entro il 30 settembre.

La Facoltà di Ingegneria può rilasciare i Diplomi Universitari:

- 1) in ingegneria aerospaziale
- 2) in ingegneria biomedica
- 3) in ingegneria dell'ambiente e delle risorse
- 4) in ingegneria delle telecomunicazioni
- 5) in ingegneria elettronica
- 6) in ingegneria informatica e automatica
- 7) in ingegneria informatica e automatica, in forma teledidattica
- 8) in ingegneria logistica e della produzione, in forma teledidattica)
- 9) in ingegneria meccanica
- 10) in edilizia
- 11) in ingegneria chimica
- 12) in ingegneria delle infrastrutture
- 13) in ingegneria elettrica

L'ordinamento didattico dei corsi di diploma è regolamentato dalla legge n.341/90.

L'ordinamento del diploma in edilizia è formulato ai sensi del DM 7/2/1994 per la tabella XXIX-ter.

L'ordinamento del diploma in ingegneria biomedica è formulato ai sensi del DM 31/3/1994 per la tabella XXIX-bis.

Gli ordinamenti dei restanti diplomi attivati sono formulati ai sensi del DM 18/12/1991 per la tabella XXIX-bis e verranno riformulati ai sensi del DM 31/3/94 per la tabella XXIX-bis, una volta che la Facoltà avrà deliberato, entro il 1997, la volontà di eseguire l'adeguamento tabellare e solo dopo che gli Organi superiori l'avranno a ciò autorizzata.

Gli Allegati 91/C1.1 – 94/C10.1 riportano, separatamente per ciascun Corso di Diploma, il numero complessivo di moduli sui quali è organizzata l'attività didattica, il numero complessivo di Insegnamenti per i quali occorre aver sostenuto il relativo esame, il numero di moduli per anno di corso, gli orientamenti attivati, la collocazione nei diversi anni di corso dei moduli ed i settori scientifico-disciplinari (già riferiti al DPR 12/4/94) da cui devono essere scelti.

I Piani di studio ufficiali (formulati, ad eccezione dei diplomi in ingegneria biomedica ed in edilizia, nel rispetto della legge 341/90 fino a quando non si procederà all'adeguamento tabellare) sono indicati nel manifesto degli studi, approvato, di norma entro il 30 aprile di ciascun anno dal C.d.F. su proposta dei competenti C.C.d.D., e pubblicati nella Guida dello Studente.

In particolare i Piani di studio ufficiali devono contenere le denominazioni e la collocazione nei periodi didattici dei diversi moduli, le denominazioni degli Insegnamenti (costituiti da un singolo modulo o dall'integrazione di diversi moduli o frazioni di moduli), le modalità di svolgimento e di verifica della attività di tirocinio, l'ammontare delle ore di attività pratiche di laboratorio.

Per i corsi di diploma non è consentita la formulazione di Piani di studio individuali.

Art. 8

Propedeuticità

Il rispetto delle propedeuticità, se istituite su proposta dei Consigli di Corso di studio approvata dal Consiglio di Facoltà e successivamente inserite nel Regolamento Didattico di Facoltà, è prevalente rispetto agli sbarramenti previsti nell'art. 5.

Art. 9

Riconoscimento dei periodi di studio effettuati all'estero

Gli studenti dell'Università di Bologna possono svolgere parte dei propri studi presso Università estere. A tal fine possono essere stipulati accordi fra Università. L'Ateneo favorisce gli scambi di studenti con Università estere secondo un principio di reciprocità, mettendo a disposizione degli studenti ospiti le proprie risorse didattiche e facilitando un supporto organizzativo e logistico agli scambi.

La condizione ufficiale per il riconoscimento del programma degli studi effettuati all'estero è una delibera del Consiglio di Corso di Studio, formulata sulla base di una documentazione che sia in grado di comprovare le caratteristiche dell'Insegnamento proposto (numero di ore di lezione e di esercitazione seguite, materiale didattico e quant'altro).

La delibera del Consiglio di Corso di Studio ai fini del riconoscimento non è necessaria nel caso in cui, nell'ambito di programmi di scambio, siano state approvate dalla Facoltà tabelle di equivalenza tra corsi e seminari tenuti presso le Università partner. Le tipologie del riconoscimento sono:

- riconoscimento della frequenza

- riconoscimento dell'esame
- riconoscimento del periodo di preparazione della tesi
- riconoscimento del tirocinio (ove previsto nell'Ordinamento Nazionale).

La conversione secondo il sistema italiano dei voti conseguiti durante un periodo di studi svolto all'estero è deliberata dai Consigli di corso di studio sulla base di tabelle predisposte dagli stessi, tenuto conto delle tabelle di conversione proposte dalla Commissione d'Ateneo.

Il Consiglio di Corso di Studio definisce il numero dei corsi (con i relativi esami) che si possono seguire all'estero.

Lo studente, ammesso a trascorrere un periodo di studio all'estero, è tenuto di norma ad indicare nel proprio piano di studi annuale, gli Insegnamenti che intende frequentare presso Università straniere. Tale piano deve essere approvato dal Consiglio di Corso di Studi.

Al termine del periodo di permanenza all'estero, sulla base della certificazione esibita, il Consiglio di Corso di Studi delibera di riconoscere le frequenze e gli esami sostenuti all'estero riportandoli con una denominazione che sia riferibile alle discipline contenute nel settore scientifico disciplinare del corso di studio.

Ove il riconoscimento sia richiesto nell'ambito di un programma che ha adottato un sistema di trasferimento dei crediti (ECTS), il riconoscimento stesso tiene conto anche dei crediti attribuiti ai corsi seguiti all'estero.

L'Università degli Studi di Bologna rilascerà, a richiesta, certificazioni degli studi compiuti all'estero comprensive degli esami superati presso l'Università straniera.

Art. 10 Calendario didattico

Il numero di periodi di esclusiva attività didattica in cui può essere articolato ciascun anno di ciascun Corso di Studio è proposto dal competente Consiglio, tenendo anche conto delle raccomandazioni espresse dal C.d.F e/o dalla C.D. al fine di conseguire un migliore utilizzo delle risorse disponibili.

La Facoltà, annualmente, sentita la Commissione didattica ed in accordo con i Consigli di Corso di Studio, stabilisce la data iniziale e la data finale delle lezioni per ciascun Corso di laurea, di diploma e di specializzazione e le sottopongono entro il 31 luglio all'approvazione del Senato Accademico.

La Facoltà ed i Consigli di Corso di Studio definiscono gli orari dei singoli Insegnamenti ed i periodi in cui gli appelli sono effettuati; possono altresì definire i periodi di sospensione delle lezioni per esami.

In ciascun anno sono previste le seguenti tre sessioni

- I sessione: 2 aprile - 31 luglio
- II sessione: 1 settembre - 20 dicembre
- III sessione: 7 gennaio - 31 marzo

in cui lo studente in regola con l'iscrizione può sostenere, senza alcuna limitazione numerica, tutti gli esami per i quali possiede l'attestazione di frequenza d'esame.

Per gli anni di corso non articolati in cicli la III sessione è temporalmente collocata nell'anno accademico successivo.

Per gli anni di corso articolati in cicli, la III sessione ha anche una collocazione nell'anno accademico corrente, nell'ambito della quale, a titolo di anticipo della I sessione, possono essere sostenuti esami di Insegnamenti di corsi di laurea e di corsi di D.U. appena frequentati nel primo ciclo. Per i Corsi di Diploma Universitario articolati in 3 cicli, possono essere sostenuti esami di Insegnamenti appena frequentati nel secondo ciclo.

Due mesi prima dell'inizio di ogni sessione viene pubblicata la data degli appelli.

In ciascuna sessione d'esame per i Corsi di Laurea devono essere previsti almeno due appelli, adeguatamente distanziati, per ogni Insegnamento. Le date degli esami dovranno essere coordinate, per Corso di Studio o insiemi di Corsi di Studio, tra i docenti che svolgono il corso (o modulo) nel medesimo periodo didattico di uno stesso anno di corso.

Fatto salvo quanto disposto dall'art. 13 per quanto riguarda gli esiti negativi, gli appelli di uno stesso Insegnamento sono aperti a tutti gli studenti in debito d'esame.

Gli esami degli Insegnamenti frequentati nell'anno in corso possono essere sostenuti solo dopo il termine delle lezioni.

Compatibilmente con le aule e con i docenti a disposizione della Facoltà, l'impegno di frequenza alle lezioni accademiche ed alle attività di laboratorio deve consentire allo studente di disporre di un congruo periodo di tempo per lo studio individuale.

Nell'ambito dell'orario fissato dalla Facoltà, ogni Insegnamento deve riservare un significativo ammontare di ore da dedicare esclusivamente alle esercitazioni ed alla preparazione della eventuale prova scritta di valutazione.

Art. 11 Sdoppiamenti

Gli Insegnamenti nei corsi di laurea o di diploma sono di norma sdoppiati ogni qualvolta ricorrono le condizioni previste dalla normativa vigente. La Facoltà può motivatamente proporre agli Organi Accademici sdoppiamenti anche in presenza di un numero di esami inferiore a quello previsto dalla normativa vigente.

I corsi sdoppiati per lettera ai sensi del comma c) dell'articolo 28.1 allegato II dello Statuto Generale di Ateneo devono essere sostanzialmente equivalenti dal punto di vista del programma e delle prove di esame. In caso di marcate disomogeneità, evidenziate anche dall'analisi dei Questionari sulla Didattica, è compito del Consiglio di Facoltà individuare una significativa base comune, fermo restando il rispetto del comma 2, art.3 dello Statuto Generale d'Ateneo.

Su motivata richiesta degli studenti interessati, i C.C.d.S., per delega del C.d.F, possono deliberare passaggi di corso tra corsi sdoppiati quando è possibile garantire il sostanziale rispetto di un'equa distribuzione del carico didattico e soltanto se c'è l'accordo del titolare del corso che dovrà acquisire gli studenti.

Art. 12 Mutuazioni

Il Consiglio di Facoltà determina i criteri in base ai quali è possibile mutuare Insegnamenti tra diversi Corsi di Studio, anche di Facoltà diverse.

Nei casi in cui un Insegnamento compreso in un corso di studio taccia, per aspettativa del docente, per sospensione o altro e non sia possibile provvedere con supplenza o affidamento, il Consiglio di Corso di Studio individua presso quale altro Corso di Studio o Facoltà esso possa essere mutuato.

Le mutuazioni sono valide se sono deliberate da entrambi i Consigli di Corso di Studio interessati. In caso di disaccordo, decide in modo vincolante il Senato Accademico.

Il Consiglio di Corso di Studio, al quale afferisce l'Insegnamento che acquisisce gli studenti, al momento dell'accettazione della mutuazione per il medesimo definisce le modalità organizzative di accesso alla didattica, rendendole note agli studenti richiedenti.

Art. 13 Prove di valutazione del profitto

La prova finale degli esami di profitto potrà essere orale e/o scritta o pratica. Sono ammesse prove scritte di accertamento in itinere; il mancato superamento delle prove intermedie non preclude l'ammissione all'esame finale.

La modalità adottata da ciascun Insegnamento ed il periodo di validità della eventuale prova scritta sono stabiliti dal Consiglio di Corso di studio, sentiti i docenti interessati e tenuto conto delle esigenze di coordinamento segnalate dalla Commissione Didattica; le deliberazioni in proposito hanno effetto perlomeno per tutto l'anno accademico successivo e sono indicate, così come il programma del corso, sulla Guida dello Studente.

L'esame si intende superato con una votazione minima di 18/30, a meno che non si riferisca ad una prova di accertamento per cui è prevista la dizione di idoneo.

Le prove orali sono pubbliche.

Gli elaborati delle prove scritte devono essere conservati agli atti della sede didattica per almeno sei mesi dallo scadere del periodo di validità.

I Consigli di Corso di Studio esercitano il controllo sulle modalità di valutazione del profitto.

Gli esami sostenuti con esito negativo non comportano l'attribuzione di un voto, ma di una annotazione (secondo i casi: ritirato o respinto) riportata sul solo verbale d'esame: l'annotazione è di "ritirato" se lo studente comunica tale intenzione prima del termine della prova d'esame. Tale esito negativo non influisce nè sul voto di laurea nè sulla carriera universitaria dello studente.

In deroga a quanto disposto dall'art. 13 del RDA, la sola annotazione di respinto comporta che il relativo esame non potrà essere sostenuto nell'appello successivo della stessa sessione.

Può essere prevista dal Consiglio di Facoltà l'introduzione dei crediti didattici.

Art. 14 Tesi di laurea

Il titolo della tesi deve essere depositato all'atto della presentazione della domanda di laurea entro le seguenti date (o entro il primo giorno lavorativo successivo, se corrispondenti a giornate non lavorative):

- I sessione: 15 maggio
- II sessione: 15 settembre
- III sessione: 15 gennaio

Il volume della tesi deve essere consegnato al Presidente della Commissione esaminatrice prima della seduta. Al termine della seduta il Presidente inoltrerà alla Segreteria i volumi degli studenti che si sono laureati.

I Consigli di Corso di Studio possono prevedere, in via generale o per situazioni determinate, che l'argomento della tesi di laurea non debba necessariamente afferire ad una disciplina presente nel piano di studi del candidato e di cui abbia superato l'esame di profitto.

Le tesi di maggior impegno dovranno prevedere, oltre al relatore, almeno un correlatore docente o ricercatore dell'Ateneo. In questo caso, il relatore e il correlatore, prima dell'inizio della seduta di laurea, dovranno presentare una breve relazione scritta sul lavoro svolto e sui risultati conseguiti dal candidato, da allegare al verbale di laurea.

Nel caso dell'esame di diploma il candidato discute una relazione tecnica su un tema concordato con un docente o ricercatore della Facoltà.

Modalità più analitiche di preparazione delle tesi di laurea e delle relazioni di diploma e di svolgimento degli esami potranno essere stabilite dai singoli Consigli di corso di Studio. Al fine di assicurare una equa distribuzione tra i docenti del carico didattico delle tesi di laurea e delle relazioni di diploma, i Consigli di Corso di Studio indicano ogni anno il numero minimo e massimo di tesi che sono attribuite da ciascun docente.

Lo studente cui sia negata l'assegnazione della tesi nella disciplina da lui indicata, può rivolgere domanda al Consiglio di Corso di Studio che provvederà ad assegnare una tesi nell'ambito di discipline affini o richieste dal candidato in via subordinata.

I ricercatori confermati non titolari di Insegnamento possono essere relatori di tesi di laurea di studenti iscritti a Corsi di Laurea presso cui i ricercatori stessi svolgono attività didattica. L'argomento della tesi è direttamente presentato dal ricercatore ad un Professore di ruolo, titolare di disciplina impartita nel Corso di Laurea e appartenente al raggruppamento concorsuale del Ricercatore. Il Professore di ruolo approva la proposta con eventuali modifiche, agisce da Correlatore della tesi ed individua, con la sua titolarità la disciplina della tesi.

Il numero e il tipo di tesi di laurea seguite apparirà nei consuntivi delle attività didattiche e scientifiche svolte dai ricercatori confermati.

I ricercatori confermati titolari di Insegnamento possono essere Relatori di tesi di laurea, nell'ambito dello stesso Insegnamento, senza alcuna preventiva autorizzazione.

Con l'esclusione dei casi di equipollenza o di chiara fama già previsti dalla legge, i laureati stranieri che chiedano il riconoscimento del loro titolo di studi saranno iscritti al corrispondente Corso di Laurea, su proposta del relativo Consiglio, con l'obbligo di soste-

nere almeno tre esami di annualità obbligatorie ai sensi della tabella XXIX e l'esame di laurea, al fine di conseguire una significativa base comune con la formazione impartita agli altri laureati della Facoltà.

Art. 15 Commissioni

I Consigli di Corso di Studio, sentiti i docenti responsabili dei corsi, nominano le commissioni per gli esami di profitto. Le commissioni restano in carica fino a nuova nomina, di norma deliberata prima dell'inizio dell'anno accademico. A meno di differente accordo notificato al C.C.d.S. ed alla segreteria dai docenti interessati, gli esami della III sessione dell'anno accademico precedente sono di competenza della commissione in scadenza.

Il Consiglio di Corso di studio può prevedere che, in caso di necessità ed urgenza quale impossibilità sopravvenuta, sia devoluta al suo Presidente la nomina delle commissioni per determinate giornate d'esame.

Le Commissioni di esame di profitto sono composte da almeno due membri di cui uno è il docente responsabile del corso, che funge da presidente, ed il secondo è un docente o un ricercatore dello stesso settore scientifico-disciplinare o di settore affine o un cultore della materia riconosciuto tale dal Consiglio di Corso di studio.

Qualora risulti necessario nominare contemporaneamente più sottocommissioni per il medesimo esame di profitto, il docente responsabile ne propone la composizione al Consiglio di Corso di Studio, assicurando la propria presenza attiva, attestata mediante apposizione della firma a margine di ciascun foglio di verbale di esame, a conferma della propria presenza e come assunzione della responsabilità sulla regolarità dello svolgimento delle prove.

Lo studente ha comunque il diritto di chiedere preventivamente di essere esaminato anche dal docente responsabile della disciplina.

Lo studente ha diritto di prendere visione e di discutere, con prosecuzione dell'esame orale, l'eventuale prova scritta.

Gli studenti in debito di esame si devono presentare alla commissione in carica ai sensi del precedente primo comma. Gli studenti di corsi sdoppiati devono rispettare la regola di suddivisione per lettera a meno che non abbiano ottenuto l'autorizzazione al cambiamento di corso o che i presidenti delle commissioni abbiano concordemente dichiarato inessenziale il rispettarla.

Qualora sia previsto per più corsi un esame di profitto conclusivo comune (esame integrato), la relativa Commissione comprende, di norma, tutti i docenti responsabili e compartecipi dei corsi stessi ed è presieduta da uno di questi, nominato dal Preside o Presidente del Consiglio di Corso di Studio.

Il Consiglio di Corso di studio, preso atto che la legislazione vigente prevede che la partecipazione alle commissioni di laurea e di diploma costituisce per i docenti e ricercatori della Facoltà adempimento dei propri doveri didattici, delega il Presidente del Consiglio stesso ad indicare, di volta in volta, la composizione delle singole commissioni, prevedendovi l'inserimento, eventualmente temporaneo, dei relatori delle varie tesi (o in caso di impossibilità, ed in via del tutto eccezionale, di loro rappresentanti aventi titolo a far parte

della Commissione) e garantendo la presenza delle altre componenti, nell'ambito di un'equa distribuzione del carico didattico.

La funzione di presidente è attribuita al professore di I fascia più anziano nel ruolo, da lui delegata ad altro membro nel caso in cui sia anche relatore della tesi del laureando esaminato.

Le Commissioni per l'esame di laurea o di diploma sono composte da almeno 7 membri; di questi almeno 5 debbono essere responsabili di Insegnamento nel corrispondente Corso di Studi.

I componenti le commissioni hanno il dovere di partecipare alle sedute di laurea alle quali sono tenuti ad assicurare una presenza continuativa.

La Commissione per l'esame di laurea delibera, su proposta del relatore, se il candidato debba essere ammesso alla discussione sulla dissertazione di laurea. Qualora il giudizio sia favorevole si procede alla discussione, in caso contrario il candidato non è ammesso alla discussione.

Prima di essere ammesso all'esame di laurea lo studente dovrà dimostrare la conoscenza di una lingua straniera.

La votazione finale riassumerà complessivamente il giudizio della Commissione e sarà espressa in 100esimi per l'esame di laurea e in 70esimi per l'esame di diploma.

L'esame di laurea si intende superato con una votazione minima di 60/100, quello di diploma con una votazione minima di 42/70. La votazione è assegnata dalla Commissione sulla base dell'esame finale che comprende una valutazione della tesi o della relazione tecnica o dell'elaborato presentato e deve tenere conto anche del curriculum dello studente compresi i voti conseguiti in esami superati presso altri corsi di studio e convalidati.

Al fine di conseguire una sostanziale uniformità di giudizio i Consigli di Corso di studio, coordinati dalla C.D., possono predisporre indicazioni di massima per la valutazione del curriculum, a cui la Commissione potrà eventualmente fare riferimento.

La lode potrà essere assegnata, su proposta del relatore, soltanto nel caso di parere unanime dei commissari.

Art. 16 (omissis)

CAPO III: DOCENTI E RICERCATORI

Art. 17 Compiti didattici

I docenti e i ricercatori sono tenuti ad assicurare la loro presenza, nel corso dell'anno accademico, per il periodo 1° ottobre/30 giugno, in almeno tre giorni alla settimana per lo svolgimento dell'attività didattica nel periodo di svolgimento del corso o dei corsi di cui sono responsabili. Tale presenza dovrà essere certificata anche con indicazione dell'orario giornaliero svolto che deve essere preventivamente reso pubblico nei registri di cui ai commi 9 e 10 del presente articolo.

I professori e i ricercatori assolvono il proprio impegno orario didattico annuale primariamente esercitando a Bologna o nella sede decentrata di inquadramento i compiti loro assegnati nell'ambito delle Facoltà, dei Corsi di laurea e di diploma e delle Scuole di specializzazione.

I Consigli di Corso di Studio deliberano il numero di ore di lezione che devono essere effettivamente tenute affinché i singoli corsi siano validi. La durata di tali corsi dovrà essere conforme alla normativa in vigore per la Facoltà di Ingegneria.

Ogni docente è comunque tenuto nell'ambito del proprio impegno orario allo svolgimento di un numero di ore di lezione pari a quello previsto per un corso annuale. Conseguentemente corsi e moduli di Insegnamento aggiuntivi al corso di cui il singolo docente è titolare, possono essere attribuiti, ove necessario, ai professori e ai ricercatori nei limiti dell'impegno didattico complessivo.

Ove affidati ai ricercatori costituiscono per essi compito primario e comunque prevalente.

Il docente della disciplina non può astenersi dalle lezioni se non per causa di forza maggiore, motivi di salute, impegni scientifici o istituzionali. In caso di assenza, il responsabile della disciplina sarà sostituito a lezione da un professore o ricercatore, che firmerà il registro delle lezioni per le ore effettuate.

Se un docente o ricercatore, durante il periodo destinato all'attività didattica, intende assentarsi per più di una settimana, deve chiedere, preventivamente l'autorizzazione al Presidente del Consiglio di Corso di Studio (che lo comunicherà al Preside ed al rispettivo Consiglio), indicando il motivo dell'assenza, le modalità della sua sostituzione nello svolgimento delle attività didattiche, nonché le modalità di recupero delle ore di attività non effettuate.

Il recupero delle ore di attività didattica non effettuate è necessario anche in caso di assenze occasionali quando le stesse comunque superino globalmente la settimana.

I docenti e i ricercatori sono tenuti a fissare un orario settimanale per il ricevimento degli studenti; gli eventuali rinvii dovranno essere resi noti con adeguato anticipo.

I ricercatori possono, su loro richiesta, manifestare una opzione di afferenza sui C.C.d.S. per i quali svolgono attività didattica prevalente.

I professori di ruolo, fuori ruolo e ricercatori sono tenuti a consegnare annualmente i registri delle prestazioni didattiche, comprensivi del registro delle lezioni e del registro delle ulteriori attività didattiche.

Sul registro delle lezioni debbono essere registrate le lezioni svolte per il corso ufficiale di Insegnamento; sul registro delle ulteriori attività didattiche debbono essere annotate tutte le altre attività ivi comprese, in particolare, quelle di orientamento e tutorato svolte dal docente e dal ricercatore.

Il Preside è tenuto a visitare i registri, per garantirne la conformità alle norme vigenti.

Il Preside, in collaborazione con i Presidenti del Consiglio di Corso di Studio, e Direttori dei Dipartimenti e di Istituti in cui si svolgono le attività didattiche, vigila sull'osservanza delle norme che regolano il corretto svolgimento dell'attività didattica e ne è responsabile ai sensi dell'art.17, comma 1, dello Statuto generale d'Ateneo.

CAPO IV: DISPOSIZIONI FINALI

Art. 18

Il libretto degli esami e i documenti di riconoscimento dello studente possono essere sostituiti con documenti a carattere informatico.

I dati concernenti le immatricolazioni, i pagamenti delle tasse, la tenuta dei fascicoli personali, dei registri matricolari, degli archivi e della carriera scolastica dei singoli studenti, in prospettiva, potranno essere reperibili in archivi informatici.

Per tutto quanto non previsto nel presente regolamento valgono le disposizioni di legge e regolamentari in vigore.

NORME GENERALI DI SEGRETERIA

Immatricolazione ai Corsi di laurea

L'immatricolazione ai Corsi di laurea della Facoltà di Ingegneria avviene previo sostenimento di una prova di orientamento obbligatoria ma non selettiva.

La prova, che per l'a.a. 1999/2000 si terrà il 6 settembre 1999, presso la Facoltà di Ingegneria, viale Risorgimento n.2, Bologna, consiste di 80 quesiti riguardanti Logica, Comprensione verbale, Matematica, Scienze. L'iscrizione alla prova avviene con il pagamento di un contributo di lire 80.000 da effettuarsi presso la Cassa di Risparmio di Bologna (esclusa quella di Porta Revegnana 2) o della banca popolare dell'Adriatico entro il 1 settembre 1999. Non sono ammessi versamenti presso altri Istituti di credito, né presso gli uffici postali.

I candidati dovranno presentarsi alla prova muniti di:

- ricevuta del pagamento del contributo
- documento d'identità personale.

Sono esonerati dalla prova:

- coloro che provengono per trasferimento da altri Corsi di laurea o di Diploma della Facoltà cui si sono iscritti in anni accademici precedenti
 - i candidati già in possesso di altro titolo accademico
 - gli studenti extracomunitari residenti all'estero (o anche quelli residenti in Italia che non siano in possesso di carta di soggiorno o permesso di soggiorno per lavoro subordinato o per lavoro autonomo, per motivi familiari, per asilo politico, per asilo umanitario, per motivi religiosi o per motivi di studio, ovvero di titolo studio superiore conseguito in Italia o, se conseguito all'estero, equipollente) la cui iscrizione è regolata appositamente.

L'immatricolazione

- per i Corsi di laurea attivi presso la sede di Bologna può essere effettuata dal 10 settembre al 30 settembre 1999; dal 1 ottobre al 31 dicembre 1999 è consentita un'immatricolazione tardiva previo pagamento dell'indennità di mora;
- per i Corsi di laurea recentemente istituiti presso le sedi decentrate di Cesena, (ingegneria Biomedica) e di Forlì (ingegneria Meccanica e ingegneria Aerospaziale), senza prova di orientamento, ha inizio il 15 ottobre 1999 e termina il 15 novembre 1999, o il 31 dicembre 1999 con pagamento dell'indennità di mora;
- si effettua per la sede di Bologna presso la Segreteria Studenti (via Saragozza n.10 - Bologna) presentando la seguente documentazione:

1) domanda di immatricolazione redatta su apposito modulo rilasciato da qualsiasi filiale della Cassa di Risparmio di Bologna (esclusa quella di Porta Ravegna 2) o Banca popolare dell'Adriatico, contestualmente alla ricevuta di pagamento della prima rata delle tasse;

2) n. 2 fotografie formato tessera, una marca da bollo da 20.000 lire ed una copia fronte-retro della carta d'identità con esibizione della stessa; oppure 1 fotografia formato tessera e una fotografia formato tessera autenticata in bollo; oppure una fotografia formato tessera e la fotocopia autenticata in bollo della carta di identità (modalità queste ultime obbligatorie se la domanda viene spedita per posta);

3) permesso o carta di soggiorno valida, se cittadino straniero;

4) scheda statistica debitamente compilata.

– si effettua per le sedi decentrate di Cesena e di Forlì secondo le modalità disponibili presso le rispettive Segreterie: Cesena – via Sacchi 3 (tel.0547-642850), Forlì – Corso Diaz 45 (tel. 0543-450208/9).

Si precisa che può ottenere l'immatricolazione che prevede la prova di orientamento anche lo studente che ha sostenuto tale prova presso la stessa Facoltà di altri Atenei nazionali, purché presenti un attestato di sostenimento del test rilasciato dalla Segreteria di provenienza.

Iscrizioni ad anni successivi al primo

L'iscrizione ad anni accademici successivi al primo avviene mediante il semplice pagamento della prima rata di tasse da effettuarsi entro il 30 settenbre (entro il 31 dicembre con addebito di £ 115000 di mora sulla seconda rata di tasse) tramite apposito bollettino che viene recapitato nel luogo di residenza e che comunque è sempre possibile reperire presso la Segreteria Studenti. La scadenza per coloro che si iscrivono fuori-Corso del V anno è il 31 dicembre (senza pagamento di mora).

Opzioni al nuovo ordinamento

Dall'a.a. 97/98 è entrato in vigore il nuovo ordinamento per quanto riguarda tutti i Corsi di laurea della Facoltà. A partire da quell'anno accademico le immatricolazioni avvengono sul nuovo ordinamento. Gli studenti già iscritti sul vecchio ordinamento hanno diritto a terminare gli studi sull'ordinamento al quale appartengono oppure possono optare, entro 5 anni accademici a partire dal 97/98 per il nuovo ordinamento tramite richiesta in Segreteria entro il 31 ottobre. Non è data tale possibilità agli iscritti fuori-Corso del V anno.

Per la sola Ingegneria Edile il nuovo ordinamento è entrato in vigore dall'a.a. 96/97 ed è da tale anno che decorrono i 5 anni utili per esercitare il diritto di opzione.

Disposizioni generali

Gli studenti che si immatricolano riceveranno un libretto ed un tesserino, valevoli per l'intero Corso di studi. Al termine degli studi oppure in seguito a trasferimento, il libretto deve essere restituito alla segreteria di Facoltà.

Lo studente è responsabile personalmente di eventuali alterazioni riportate al libretto. Qualsiasi alterazione, abrasione o cancellatura, a meno che non sia comprovata con firma del presidente della commissione esaminatrice o dalla segreteria, fa perdere validità al libretto e rende lo studente passibile di provvedimento disciplinare e, nei casi più gravi, di denuncia all'autorità giudiziaria.

Nessun anno di Corso è valido se lo studente non si sia iscritto almeno a tre Insegnamenti del proprio Corso di studi e non ne abbia ottenuto l'attestazione di frequenza.

È vietata l'iscrizione contemporanea a diversi Corsi di studio anche appartenenti a diverse Facoltà, Università o Istituti di istruzione superiore. Pertanto per iscriversi ad altro Corso di studio è necessario effettuare trasferimento o rinuncia.

Solo chi intendesse proseguire gli studi presso Accademie Militari Italiane o Università estere, può chiedere una "rinuncia provvisoria" ed ottenere la restituzione del titolo finale di studi secondari (previa regolarizzazione delle eventuali tasse arretrate), trattandosi di casi anomali di trasferimento di sede, per cui non viene rilasciato il normale foglio di congedo.

Studenti ripetenti

Sono iscritti come ripetenti tutti coloro che non potendo, per qualsiasi motivo, iscriversi in Corso hanno comunque delle frequenze da recuperare.

Studenti fuori corso

Sono studenti fuori Corso:

a) coloro che, essendo stati iscritti ad un anno del proprio Corso di studi ed essendo in possesso dei requisiti necessari per potersi iscrivere all'anno successivo, abbiano effettuato tale iscrizione oltre i termini prescritti (31 dicembre);

b) coloro che, essendo stati iscritti ad un anno del proprio Corso di studi ed avendo frequentato i relativi Insegnamenti, non abbiano superato gli esami obbligatori richiesti per il passaggio all'anno di Corso successivo entro la terza sessione d'esami (entro marzo);

c) coloro che, avendo seguito il proprio Corso universitario per l'intera sua durata e avendone frequentato con regolare iscrizione tutti gli Insegnamenti prescritti per l'ammissione all'esame di laurea, non abbiano superato tutti i relativi esami o l'esame di laurea, finché non conseguano il titolo accademico.

Esami di profitto

Lo studente è tenuto a conoscere le norme dell'ordinamento didattico del proprio Corso di laurea ed è il solo responsabile dell'annullamento degli esami che siano sostenuti in violazione delle predette norme.

Si rammenta in particolare che:

- non possono essere sostenuti esami di cui non si sia ottenuta l'attestazione di frequenza;

- non si può ripetere un esame già sostenuto con esito favorevole;

- gli esami sostenuti con esito negativo non comportano l'attribuzione di un voto, ma di una annotazione (secondo i casi: ritirato o respinto) riportata sul verbale d'esame: l'annotazione è di "ritirato" se lo studente comunica tale intenzione prima dei termini della prova d'esame. Tale esito negativo non influisce né sul voto di laurea né sulla carriera universitaria dello studente. In deroga a quanto disposto dall'Art. 13 del Regolamento didattico

co di Ateneo, la sola annotazione di "respinto" comporta che il relativo esame non potrà essere sostenuto nell'appello successivo della stessa sessione. (art. 13 Reg. did. di Facoltà, commi 3 e 4);

– non possono essere sostenuti esami in violazione delle norme che regolano le propeuticità stabilite dallo statuto o dal piano di studio,

–Nin ciascuna sessione lo studente in regola con l'iscrizione può sostenere senza alcuna limitazione numerica tutti gli esami per i quali possiede l'attestazione di frequenza (art. 10 Reg. did. di Ateneo, comma 8).

Corsi liberi

A norma dell'art. 6 del regolamento, lo studente, oltre alle materie del proprio Corso di laurea, può iscriversi per ogni anno entro il 31 dicembre a non più di due Insegnamenti di altro Corso di laurea della stessa Università. La richiesta dovrà essere prodotta alla segreteria della facoltà cui l'interessato è iscritto.

Per gli Insegnamenti impartiti in Facoltà o Corso di laurea a numero programmato, la domanda è subordinata al giudizio del Consiglio di Facoltà ove gli Insegnamenti stessi sono impartiti.

Gli esami sostenuti per i predetti Corsi non sono validi ai fini dell'esonero tasse, rinvio militare e per il conseguimento del titolo accademico rilasciato dalla Facoltà e/o Corso di laurea cui lo studente è iscritto.

Decadenza

Coloro i quali abbiano compiuto l'intero Corso degli studi universitari senza conseguire la laurea o il diploma o che per qualsiasi motivo abbiano interrotto gli stessi, qualora intendano esercitare i diritti derivanti dall'iscrizione, sono tenuti a chiedere ogni anno all'Università la ricognizione della loro qualità di studenti e a pagare la tassa relativa.

Coloro i quali, pure avendo adempiuto a tale obbligo, siano iscritti fuori Corso e non superino con esito favorevole esami per otto anni accademici consecutivi, decadono dagli studi precedentemente effettuati (art.5 Reg.Did. di Ateneo, comma V).

Il computo degli otto 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 coloro che abbiano superato tutti gli esami di profitto e siano in debito unicarriente dell'esame finale di laurea o diploma, a cui potranno quindi accedere qualunque sia il tempo intercorso dall'ultimo esame di profitto sostenuto.

Il decorso dei termine della decadenza si interrompe nel caso in cui lo studente faccia passaggio ad altro Corso di laurea o diploma (naturalmente prima di essere incorso nella decadenza).

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 manife-

stata 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.

Normativa per gli sbarramenti

La durata degli studi per il conseguimento della laurea in Ingegneria è di 5 anni.

Lo studente, per ottenere l'iscrizione al:

– II anno di Corso, dovrà aver superato almeno due annualità di esami del primo anno;

– III anno di Corso, dovrà aver superato almeno tutti gli esami del primo anno;

– IV anno di Corso, dovrà aver superato almeno tutti gli esami del primo e del secondo anno;

– V anno di Corso, dovrà aver superato almeno tutti gli esami dei I anno e del II anno e gli esami relativi ad almeno 6 annualità del III e del IV anno.

Gli Insegnamenti semestrali valgono mezza annualità.

Il superamento dello sbarramento deve avvenire entro la III sessione d'esami, ovvero entro marzo.

Prova di conoscenza della lingua inglese

Prima di sostenere l'esame di laurea lo studente deve dimostrare la conoscenza della lingua inglese.

Conservazione degli elaborati scritti

Al solo fine di garantire l'eventuale diritto di accesso ai sensi della L. 241/90 è disposta la conservazione per il periodo di sei mesi degli elaborati scritti degli studenti, relativi alle prove d'esame. Tale periodo decorrerà, per le prove preliminari, dalla data di scadenza del periodo di validità della prova stessa e, per gli esami solo scritti, dalla data di verbalizzazione della prova e trascrizione sul libretto. Qualora venga esercitato il diritto di accesso, con conseguente possibile ricorso in sede giurisdizionale, la conservazione delle prove scritte sarà protratta fino a che la sentenza non sia passata in giudicato.

Avvertenze per la compilazione dei piani di studio individuali

Ai sensi dell'art. 2 della legge 910/69 e dell'art. 4 della legge 924/70, lo studente può predisporre un piano di studio diverso da quelli previsti dagli ordinamenti didattici in vigore, purché nell'ambito delle discipline effettivamente insegnate e del numero degli Insegnamenti stabiliti (anche in relazione alla durata).

Il termine per la presentazione dei piani di studio individuali per l'anno accademico 1999/2000 è stato fissato dalla Facoltà alla data del 30 settembre 1999.

Il piano di studio, avendo uno sviluppo pluriennale, dopo essere stato approvato per un determinato anno accademico può essere modificato (sempre entro la data disposta dalla Facoltà) negli anni accademici successivi fino al completamento del Corso di laurea cui esso si riferisce.

È fatto divieto di sostituire esami di cui si è in debito con esami già superati. Per la laurea, debbono essere sostenuti tutti gli esami indicati sul piano di studi, anche se il loro numero è superiore a quello richiesto dall'ordinamento didattico.

La Facoltà non assume alcuna responsabilità per il fatto che la sostituzione di talune discipline con altre, possa pregiudicare, in base alle norme vigenti od emanate, l'iscrizione ad albi professionali o l'ammissione a pubblici concorsi o l'accesso a determinate carriere.

Il piano di studio deve essere predisposto su un modulo in distribuzione presso la segreteria di Facoltà, alla quale va poi restituito dopo la compilazione, allegando una marca da bollo, per l'inoltro al Consiglio di Corso di Laurea.

Le decisioni dei Consigli di Corso di laurea relative ai piani di studio individuali vengono notificate agli studenti, a cura degli uffici di segreteria, mediante affissione per 30 giorni.

Nota bene:

- gli studenti iscritti fuori Corso non possono presentare piano di studio individuale per aggiungere Insegnamenti;
 - la presentazione dei piani di studio individuali è altresì esclusa per le matricole.
- (Art. 7 Reg. Did. di Ateneo, comma 4).

Trasferimenti

Le domande di trasferimento ad altro Corso di laurea, Facoltà o Università, redatte su apposito modulo in marca da bollo, devono essere presentate alla Segreteria Studenti entro il 31 dicembre e sono soggette al pagamento di una tassa di congedo. Non può ottenere il trasferimento lo studente non in regola col pagamento delle tasse. Di conseguenza chi lo richieda dopo il 30 settembre, è tenuto al pagamento della prima rata d'iscrizione per il nuovo anno accademico.

Esonero tasse

Per ogni informazione occorre fare riferimento al bando, emesso dall'Ateneo ed in distribuzione presso tutte le Segreterie Studenti.

Il bando relativo a borse di studio ed alloggi per studenti è emesso dall'Arstud ed è in distribuzione presso i suoi uffici, a Bologna in via Schiavonia 5.

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 reoperabile 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 1999-2000

chiede

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

1)

2)

Con ossequio

Bologna,

NOTE ESPLICATIVE SUI CORSI DI LAUREA E LORO INDIRIZZI E ORIENTAMENTI

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA (2141)

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.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE (42)

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 i problemi che hanno come matrice comune il trasferimento di persone e merci, inquadrati secondo due settori di interesse, spaziale e strutturale, e studiati con la duplice finalità dell'organizzazione e della progettazione.

I temi fondamentali riguardano la determinazione della domanda di trasporto, l'organizzazione delle reti e delle aziende, la progettazione funzionale dei sistemi e dei veicoli, lo studio dei sistemi nodali, la progettazione delle grandi infrastrutture, la gestione dei sistemi intesa come utilizzo ottimale delle risorse disponibili, la valutazione degli impatti derivanti dalla presenza e uso del sistema nel territorio.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA EDILE (40)

Obiettivi del Corso

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 Tecnica e 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.

Con l'A.A. 1996-97 sono stati attivati, secondo il nuovo ordine degli studi, i primi tre anni del Corso di laurea in Ingegneria Edile; il quarto e il quinto anno seguono il vecchio ordinamento.

Con questo manifesto si attua il nuovo ordinamento pensato anche a livello nazionale per venire incontro alle nuove esigenze professionali.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRICA (45) (65)

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 nuovo 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 gene-

rale 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.

I CORSI DI LAUREA DEL SETTORE DELL'INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

A seguito del riordino a livello nazionale degli studi di Ingegneria, è stato creato il Settore dell'Informazione, che raggruppa i Corsi di laurea dedicati allo sviluppo delle figure professionali che si dovranno occupare delle tecnologie concernenti la acquisizione, la elaborazione e il trasferimento dell'Informazione. Allo scopo sono stati definiti tre Corsi di laurea: INGEGNERIA ELETTRONICA, INGEGNERIA INFORMATICA e INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI.

Nel loro complesso essi devono recepire tutti gli indirizzi culturali del precedente Cor-

so di laurea unico in Ingegneria Elettronica e predisporre l'ammodernamento e lo sviluppo. Per comprendere dunque questa articolazione è opportuno ricordare cosa storicamente ha significato il termine Ingegneria Elettronica.

Con questo termine si è infatti designato un complesso di discipline che è diventato sempre più vasto ed articolato, la cui origine può riferirsi allo studio delle proprietà e delle applicazioni di speciali strutture (o "dispositivi") il cui modo di funzionare è determinato dalle particolarità dei movimenti degli elettroni nel vuoto o nei corpi solidi. Esempi tipici di queste strutture sono gli oscilloscopi, i cinescopi, le valvole ad alto vuoto dei trasmettitori radio e TV di grande potenza, i circuiti integrati a semiconduttore (o "microcircuiti"), ecc..

L'applicazione di tali dispositivi si è trovata dapprima nelle tecnologie di telecomunicazione, poi in quelle di elaborazione ed acquisizione della informazione; intanto il settore disciplinare si allargava fino a comprendere gli altri aspetti necessari per la progettazione dei "sistemi elettronici" che hanno trasformato la nostra vita di tutti i giorni. Le grandi reti di telecomunicazione di fonia e dati, gli impianti di radiodiffusione, i sistemi di assistenza alla navigazione aerea e marittima, i sistemi di controllo elettronico delle macchine e degli impianti, i calcolatori elettronici, inseriti poi attualmente nella maggior parte delle apparecchiature elettroniche, sono divenuti strumenti indispensabili per la vita di ogni essere umano e per la gestione di tutte le attività organizzate.

Pur godendo di una base tecnologica sostanzialmente comune, la progettazione della molteplicità dei sistemi elettronici ha dato origine allo sviluppo di parecchie discipline dai contenuti ora più di tipo tecnologico, ora più metodologico. Questo sviluppo poderoso di applicazioni ha portato alla formazione di aree quali la Microelettronica, le Telecomunicazioni, l'Informatica, l'Automatica, la Bioingegneria, la Strumentazione che, per essere convenientemente sviluppate negli studi, richiedono un certo numero di insegnamenti specifici. Per attuare questo era necessario predisporre figure professionali differenziate: sono stati dunque predisposti i Corsi di laurea già sopra menzionati, eventualmente articolati in indirizzi al loro interno.

D'altronde la realtà professionale comporta la capacità sia di interagire con specialisti di altri settori, sia di compiere frequenti conversioni di attività: da qui la esistenza di un pacchetto di Insegnamenti comuni a tutti i Corsi di laurea del settore dell'ingegneria dell'Informazione, che si aggiungono a quelli già previsti per tutti gli allievi ingegneri. Il loro elenco è riportato in calce a questa introduzione: nelle introduzioni relative ai vari Corsi di laurea questi Insegnamenti sono ripetuti per fornire un quadro completo del percorso didattico previsto.

Il lettore potrà trovare nel seguito le peculiarità delle varie figure professionali come vengono a delinearci a seguito della introduzione dei nuovi Corsi di laurea: nello scorrere va comunque sempre tenuta presente la forte esistenza di matrici culturali comuni e la esigenza, già richiamata, di non creare mondi non comunicanti tra loro, al di là della differenziazione che è stata necessaria per consentire adeguati approfondimenti. Questo è evidenziato anche dal fatto che la quasi totalità delle risorse didattiche e delle strutture di supporto, relative ai corsi applicativi del settore dell'Informazione, sono messe a disposizione da un unico Dipartimento, il DEIS (Dipartimento di Elettronica, Informatica e Sistemistica). In particolare esso consente l'accesso ai mezzi di calcolo e ai laboratori destinati alla ricerca ai laureandi che svolgano tesi sperimentali, mentre per le esercitazioni collegate ai

vari Insegnamenti mette a disposizione le attrezzature di due laboratori multidisciplinari denominati LAB1 e LAB2.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA (46) (66)

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 oggi 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 utile 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'obiettivo 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 biolo-

gia 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.

Indirizzo Strumentazione

Non è attualmente possibile attivare questo indirizzo a causa dello scarso numero di docenti in quest'area.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA (48) (68)

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 laurea 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 metodologie 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.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI (43) (63)

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; tele-rilevamento 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.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE (47)

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 nuove 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.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA (49) (Sede di Bologna)

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.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA NUCLEARE (50)

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 conoscenze), 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 nucleari 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 progresso 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 inte-

resse 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 apparecchiature 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 domanda 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.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO (51)

Il Corso di laurea in ingegneria per l'Ambiente e il Territorio è stato istituito con l'ultima 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.

Più precisamente, nel nuovo Corso di laurea sono confluiti quelli di ingegneria Mineraria, ingegneria Forestale, ingegneria Civile per la difesa del suolo e la pianificazione territoriale e ingegneria Idraulica.

Il nuovo 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 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 sottterraneo, 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 produzioni, 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.

MANIFESTI DEGLI STUDI

2140 - INGEGNERIA EDILE

ANNO I

214000000000151	ANALISI MATEMATICA I	1 ciclo
214000000002401	DISEGNO	1 ciclo
214000000037571	STORIA DELL'ARCHITETTURA I	1 ciclo
214000000000881	CHIMICA	2 ciclo
214000000004151	FISICA GENERALE I	2 ciclo
214000000097571	GEOMETRIA E ALGEBRA	2 ciclo
214000000126991	LABORATORIO I ANNO: (Disegno e Storia dell'Architettura: 100 ore)	
214000000020581	PROVA DI CONOSCENZA DELLA LINGUA INGLESE	

ANNO II

214000000002442	DISEGNO II	1 ciclo
214000000013542	ANALISI MATEMATICA II	1 ciclo
2140000000004172	FISICA GENERALE II	1 ciclo
214000000097302	FONDAMENTI DI INFORMATICA	2 ciclo
214000000013792	MECCANICA RAZIONALE	2 ciclo
214000000047572	STORIA DELL'ARCHITETTURA II	2 ciclo
214000000127002	LABORATORIO II ANNO: (Disegno II e Storia dell'Architettura II: 100 ore)	

ANNO III

214000000008903	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI	Estensivo
214000000004303	FISICA TECNICA	1 ciclo
214000000004903	IDRAULICA	1 ciclo
214000000011823	TECNICA URBANISTICA I	1 ciclo
214000000127023	ESTIMO (ANNUALE)	2 ciclo
1 Insegnamento di Orientamento fra:		
	Orientamenti A-B-C:	
214000000126603	COMPOSIZIONE E PROGETTAZIONE URBANA	2 ciclo
	Orientamenti D-E-F:	
214000000540953	TEORIE E TECNICHE DELLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA	2 ciclo
214000000127013	LABORATORIO III ANNO: (Orientamenti A-B-C: Tecnica Urbanistica I e Composizione e progettazione urbana: 200 ore Orientamenti D-E-F: Tecnica Urbanistica I e Teorie e tecniche della progettazione architettonica: 200 ore)	

ANNO IV

214000000038694	ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA I	2 ciclo
214000000048394	ECONOMIA REGIONALE	2 ciclo
214000000021144	ARCHITETTURA TECNICA I	Estensivo
214000000020074	GEOTECNICA	Estensivo
214000000090474	TECNICA DELLE COSTRUZIONI	Estensivo
214000000132604	LABORATORIO IV: (Architettura Tecnica I, Architettura e Composizione architettonica e Tecnica delle Costruzioni: 200 ore)	

I insegnamento di orientamento fra:

214000000010614	Orientamento A TOPOGRAFIA	Estensivo
214000000010434	Orientamenti B-E TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA	1 ciclo
214000000092354	Orientamenti C-D TECNICA URBANISTICA II	Estensivo
2140000000117084	Orientamento F IMPIANTI TECNICI	Estensivo

ANNO V

214000000038705	ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA II	Estensivo
2140000000530775	PROGETTI PER LA RISTRUTTURAZIONE E IL RISANAMENTO EDILIZIO	Estensivo
2140000000111705	ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE	Estensivo
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)	

I Insegnamento di Orientamento fra:

2140000000022145	Orientamenti A-C-F: ARCHITETTURA TECNICA II	Estensivo
2140000000504045	Orientamenti B-D-E: CARATTERI COSTRUTTIVI E DISTRIBUTIVI DEGLI EDIFICI	Estensivo

I Insegnamento di Orientamento fra:

2140000000126565	Orientamento C: DISEGNO DELL'ARCHITETTURA	Estensivo
2140000000138735	Orientamenti A-B: PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI	Estensivo
2140000000529705	Orientamenti C-D: PIANIFICAZIONE E GESTIONE DELLE AREE METROPOLITANE	Estensivo
2140000000090435	INGEGNERIA DEL TERRITORIO	1 ciclo
2140000000543965	TECNICHE DI ANALISI URBANE E TERRITORIALI	1 ciclo
2140000000117045	Orientamento E: COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA	Estensivo
2140000000134715	MECCANICA COMPUTAZIONALE DELLE STRUTTURE	Estensivo
2140000000034805	TECNICA DELLE COSTRUZIONI II	Estensivo
2140000000062005	DINAMICA DELLE STRUTTURE	1 ciclo
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
2140000000090465 (sem.)	STRUTTURE DI FONDAZIONE (SEMESTRALE)	2 ciclo
2140000000137495 (sem.)	STRUTTURE SPECIALI	2 ciclo
2140000000074345	Orientamento F: ACUSTICA APPLICATA	2 ciclo

2141 - CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA

ANNO I

214100000000151	ANALISI MATEMATICA I	1 ciclo
2141000000000881	CHIMICA	1 ciclo
21410000000004151	FISICA GENERALE I	2 ciclo
21410000000097301	FONDAMENTI DI INFORMATICA	2 ciclo
21410000000097571	GEOMETRIA E ALGEBRA	2 ciclo
2141000000020581	PROVA DI CONOSCENZA DELLA LINGUA INGLESE	

ANNO II

2141000000013542	ANALISI MATEMATICA II	1 ciclo
2141000000001482	CHIMICA ORGANICA	1 ciclo
21410000000004172	FISICA GENERALE II	1 ciclo
21410000000512802 (sem.)	ELEMENTI DI TERMODINAMICA DELL'INGEGNERIA CHIMICA: BILANCIAMENTO DI MATERIA ED ENERGIA	2 ciclo
21410000000132382 (sem.)	FONDAMENTI DI CHIMICA INDUSTRIALE	2 ciclo
21410000000013792	MECCANICA RAZIONALE	2 ciclo

ANNO III

21410000000067933	ELETTROTECNICA	1 ciclo
21410000000008903	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI	1 ciclo
21410000000079513	TERMODINAMICA DELL'INGEGNERIA CHIMICA	1 ciclo
21410000000092683	ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE	2 ciclo
21410000000543753	FONDAMENTI E METODI DELLA PROGETTAZIONE INDUSTRIALE	2 ciclo
21410000000064173	PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA I	2 ciclo

ANNO IV

21410000000005034	IMPIANTI CHIMICI I	1 ciclo
21410000000006634	MACCHINE	1 ciclo
21410000000046414	PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA II	1 ciclo
21410000000022354	SCIENZA DEI MATERIALI	2 ciclo
21410000000112414	TEORIA DELLO SVILUPPO DEI PROCESSI CHIMICI 1 Insegnamento di Orientamento	2 ciclo

ANNO V

21410000000099415	ANALISI DI SICUREZZA NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO	1 ciclo
21410000000005025	IMPIANTI CHIMICI II	1 ciclo
21410000000001375	CHIMICA INDUSTRIALE	1 ciclo
21410000000085455	DINAMICA E CONTROLLO DEI PROCESSI CHIMICI 2 Insegnamenti di Orientamento (1):	2 ciclo

1) Orientamento Ambiente e Sicurezza

costituito dai seguenti due Insegnamenti:

21410000000111375	INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE	(V) 1 ciclo
21410000000104024	PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE	(IV) 2 ciclo

più 1 annualità preferibilmente scelta tra le seguenti:

21410000000134685	GESTIONE DELL'INNOVAZIONE E DEI PROGETTI	(V) 1 ciclo
21410000000079475 (sem.)	MECCANICA DEI FLUIDI NEL SOTTOSOULO	(V) 1 ciclo
21410000000539425	TECNOLOGIA BIOLOGICO-AMBIENTALE (CORSO INTEGRATO: MICROBIOLOGIA AMBIENTALE + IMPIANTI BIOCHIMICI AMBIENTALI)	(V) 1 ciclo

214100000041355	(sem.) IDROGEOLOGIA APPLICATA	(V)	2 ciclo
214100000016885	TIROCINIO PRATICO (2)		1 ciclo

2) Orientamento Biotecnologie

costituito dai seguenti due Insegnamenti:

2141000000081274	BIOCHIMICA INDUSTRIALE	(IV)	2 ciclo
214100000010405	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)		1 ciclo

3) Orientamento Materiali

costituito da due 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)		1 ciclo

4) Orientamento Processi

costituito da due fra i seguenti Insegnamenti:

2141000000111375	INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE	(V)	1 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
2141000000041265	CONTROLLO DEI PROCESSI	(V)	2 ciclo
2141000000102695	LOGISTICA INDUSTRIALE	(V)	2 ciclo
2141000000041525	STRUMENTAZIONE BIOMEDICA	(V)	2 ciclo
2141000000016885	TIROCINIO PRATICO (2)		1 ciclo

(1) Gli studenti che optano per il nuovo Ordinamento e che hanno sostenuto "Disegno Tecnico Industriale", hanno l'obbligo di scegliere un solo Insegnamento di Orientamento.

(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.

2142 - CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE

ANNO I

214200000000151	ANALISI MATEMATICA I	1 ciclo
2142000000002401	DISEGNO	1 ciclo
2142000000000881	CHIMICA	2 ciclo
2142000000004151	FISICA GENERALE I	2 ciclo
21420000000097571	GEOMETRIA E ALGEBRA	2 ciclo
2142000000020581	PROVA DI CONOSCENZA DELLA LINGUA INGLESE	

ANNO II

2142000000013542	ANALISI MATEMATICA II	1 ciclo
2142000000004172	FISICA GENERALE II	1 ciclo
2142000000010432	TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA	1 ciclo
21420000000097302	FONDAMENTI DI INFORMATICA	2 ciclo
2142000000083252 (sem.)	ISTITUZIONI DI ECONOMIA	2 ciclo
2142000000013792	MECCANICA RAZIONALE	2 ciclo

ANNO III

2142000000008903	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI	Estensivo
2142000000010613	TOPOGRAFIA	Estensivo
2142000000067933 (sem.)	ELETTROTECNICA	1 ciclo
2142000000004303 (sem.)	FISICA TECNICA	1 ciclo
2142000000004903	IDRAULICA	1 ciclo
2142000000010163	TECNICA URBANISTICA	1 ciclo
2142000000127043 (sem.)	GEOLOGIA	2 ciclo

INDIRIZZO IDRAULICA**ANNO IV**

2142109000000514	ARCHITETTURA TECNICA	Estensivo
2142109000002064	COSTRUZIONI IDRAULICHE	Estensivo
2142109000020074	GEOTECNICA	Estensivo
2142109000090474	TECNICA DELLE COSTRUZIONI	Estensivo
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	Estensivo
2142109000005185	IMPIANTI SPECIALI IDRAULICI	1 ciclo
2142109000509445	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI	1 ciclo
	Orientamento 1 territorio	
2142109000111725	PROTEZIONE IDRAULICA DEL TERRITORIO	1 ciclo
	più 2 annualità a scelta	
	Orientamento 2 Pianificazione	
2142109000017245 (sem.)	GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE	2 ciclo
2142109000517605 (sem.)	IDROLOGIA II	2 ciclo

più 2 annualità a scelta

2142109000117125	Orientamento 3 Idraulica applicata MODELLISTICA IDRAULICA	2 ciclo
	più 2 annualità a scelta	
2142109000024245	Orientamento 4 Marittimo COSTRUZIONI MARITTIME	Estensivo
	più 2 annualità a scelta	
2142109000518525	Orientamento 5 Sanitario Ambientale 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	Estensivo
2142109000034805	TECNICA DELLE COSTRUZIONI II	Estensivo
2142109000106725	CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE	1 ciclo
2142109000016565	FOTOGRAMMETRIA	1 ciclo
2142109000000025	AERODINAMICA	2 ciclo
2142109000068785 (sem.)	ELETTROTECNICA II	2 ciclo
2142109000127065 (sem.)	MACCHINE II	2 ciclo
2142109000102045	MISURE E CONTROLLI IDRAULICI	2 ciclo
2142109000111805	TOPOGRAFIA II	2 ciclo

INDIRIZZO STRUTTURE (2)

ANNO IV

2142208000000514	ARCHITETTURA TECNICA	Estensivo
2142208000020074	GEOTECNICA	Estensivo
2142208000090474	TECNICA DELLE COSTRUZIONI	Estensivo
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 C	
2142208000111804	TOPOGRAFIA II	2 ciclo
	Orientamento D	
2142208000062004	DINAMICA DELLE STRUTTURE	2 ciclo
	Orientamenti A-B-E-F-G-H	
2142208000509445	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI (1) oppure 1 materia a scelta del IV anno.	1 ciclo

ANNO V

2142208000002065	COSTRUZIONI IDRAULICHE	Estensivo
2142208000034805	TECNICA DELLE COSTRUZIONI II	Estensivo
2142208000111705	ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE	Estensivo
	Orientamento A (Architettura)	
2142208000000505	ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA	Estensivo
2142208000509445	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI (1) (6) 2 annualità a scelta (3)	1 ciclo

2142208000530775	Orientamento B (Ristrutturazione) PROGETTI PER LA RISTRUTTURAZIONE E IL RISANAMENTO EDILIZIO	Estensivo
2142208000509445	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI (1) (6) 2 annualità a scelta (3)	1 ciclo
2142208000509445	Orientamento C (Rilevamento) COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI	1 ciclo
2142208000016565	FOTOGRAMMETRIA 1 annualità a scelta (3)	1 ciclo
2142208000509445	Orientamento D (Costruzioni 1) COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI	1 ciclo
	2 annualità a scelta (3)	
2142208000134715	Orientamento E (Costruzioni 2) MECCANICA COMPUTAZIONALE DELLE STRUTTURE	Estensivo
2142208000509445	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI (1) (6) 2 annualità a scelta (3)	1 ciclo
2142208000117045	Orientamento F (Costruzioni 3) COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA	Estensivo
2142208000509445	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI (1) (6) 2 annualità a scelta (3)	1 ciclo
2142208000134725	Orientamento G (Costruzioni 4) TEORIA E PROGETTO DEI PONTI	Estensivo
2142208000509445	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI (1) (6) 2 annualità a scelta (3)	1 ciclo
2142208000041145	Orientamento H (Geotecnica) MECCANICA DELLE ROCCE	1 ciclo
2142208000509445	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI (1) (6)	1 ciclo
2142208000041255	CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI 1 annualità a scelta (3)	2 ciclo
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	Estensivo
2142208000509525	COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA E INGEGNERIA DEL TERRITORIO	Estensivo
2142208000117085	(CORSO INTEGRATO) IMPIANTI TECNICI	Estensivo
2142208000106724	CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE	1 ciclo
2142208000534545 (sem.)	SPERIMENTAZIONE DEI MATERIALI, DEI MODELLI E DELLE STRUTTURE	1 ciclo
2142208000540365 (sem.)	TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN ACCIAIO	1 ciclo
2142208000000025	AERODINAMICA	2 ciclo
214220800002444	DISEGNO II	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

2142220000000514	ARCHITETTURA TECNICA	Estensivo
2142220000020074	GEOTECNICA	Estensivo
2142220000090474	TECNICA DELLE COSTRUZIONI	Estensivo
2142220000509444	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI	1 ciclo
2142220000066634 (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

214222000002065	COSTRUZIONI IDRAULICHE	Estensivo
21422200000134745	FONDAMENTI DI INFRASTRUTTURE VIARIE	1 ciclo
2142220000011715	PROGETTAZIONE DI SISTEMI DI TRASPORTO	1 ciclo
2142220000509475	COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI II	2 ciclo
	Orientamento 1 Infrastrutture	
2142220000537995	TECNICA DEI LAVORI STRADALI, FERROVIARI ED AEROPORTUALI 1 annualità a scelta	1 ciclo
	Orientamento 2 Organizzazione	
2142220000011775	TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE (4)	2 ciclo
2142220000046795	PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI (5) 1 annualità a scelta	2 ciclo
	Orientamento 3 Impianti	
21422200000134765	TERMINALI E IMPIANTI DEI TRASPORTI 1 annualità a scelta	2 ciclo
	Orientamento 4 Sistemi	
2142220000067765	SISTEMI DI TRAZIONE 1 annualità a scelta	2 ciclo

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

	Orientamenti 1,2,3:	
21422200000134725	TEORIA E PROGETTO DEI PONTI	Estensivo
21422200000106725	CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE	1 ciclo
2142220000016565	FOTOGRAMMETRIA	1 ciclo
2142220000521245	LEGISLAZIONE DELLE OPERE PUBBLICHE E DELL'EDILIZIA	2 ciclo
2142220000041255	CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI	2 ciclo
2142220000011805	TOPOGRAFIA II	2 ciclo
	Orientamento 4:	
2142220000074345	ACUSTICA APPLICATA	
21422200000106725	CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE	1 ciclo
2142220000000025	AERODINAMICA	2 ciclo
2142220000068785 (sem.)	ELETTROTECNICA II	2 ciclo
21422200000127065 (sem.)	MACCHINE II (SEMESTRALE)	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 abbia collocato "Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti" al V anno.
- (4) Obbligatorio per gli studenti che nei precedenti anni accademici non abbiano frequentato né "Teoria e tecnica della circolazione", né "Pianificazione dei trasporti".
- (5) A scelta solo per gli studenti che si iscrivono al V anno nell'anno accademico 1999/2000.
- (6) Solo per coloro che non l'hanno scelto al IV anno.

2163 - CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI

Per gli immatricolati dall'anno accademico 1999/2000

ANNO I

2163000000153001	ANALISI MATEMATICA A Analisi matematica 1° modulo - B1 Analisi matematica 2° modulo - B2	1 ciclo
2163000000153021 (sem.)	GEOMETRIA E ALGEBRA A - B1	1 ciclo
2163000000153061 (sem.)	ELETTROTECNICA A - B4	2 ciclo
2163000000153031	FISICA GENERALE M.E. Fisica generale M - B2 Fisica generale E - B3	1 ciclo
2163000000153051	FONDAMENTI DI INFORMATICA A Fondamenti di informatica A - B2 Fondamenti di informatica A - B3	1 ciclo
2163000000153011 (sem.)	CHIMICA A - B3	2 ciclo
2163000000153041 (sem.)	RETI LOGICHE A - B4	2 ciclo
2163000000020581	PROVA DI CONOSCENZA DELLA LINGUA INGLESE	1 ciclo

Gli Insegnamenti relativi agli anni di Corso successivi verranno resi noti successivamente

2143 - CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI

Per gli immatricolati fino all'anno accademico 1998/99

ANNO I

2143000000000151	ANALISI MATEMATICA I
21430000000079451	FONDAMENTI DI INFORMATICA I
21430000000000881	CHIMICA
21430000000097571	GEOMETRIA E ALGEBRA
21430000000004151	FISICA GENERALE I
21430000000020581	PROVA DI CONOSCENZA DELLA LINGUA INGLESE

ANNO II

2143000000013542	ANALISI MATEMATICA II	1 ciclo
21430000000004172	FISICA GENERALE II	1 ciclo
21430000000079462	FONDAMENTI DI INFORMATICA II	1 ciclo
21430000000067932	ELETTROTECNICA	2 ciclo
21430000000004302	FISICA TECNICA	2 ciclo
2143000000013792	MECCANICA RAZIONALE	2 ciclo

ANNO III

21430000000063723	ANALISI MATEMATICA III	1 ciclo
2143000000001963	CONTROLLI AUTOMATICI	1 ciclo
21430000000055793	RETI LOGICHE	1 ciclo
21430000000079413	CAMPI ELETTROMAGNETICI	2 ciclo
2143000000001923	COMUNICAZIONI ELETTRICHE	2 ciclo
21430000000024383	ELETTRONICA APPLICATA I	2 ciclo

ANNO IV

2143000000103834	CALCOLATORI ELETTRONICI I	1 ciclo
2143000000024394	ELETTRONICA APPLICATA II	1 ciclo
2143000000103934	SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE	1 ciclo
2143000000021264	MISURE ELETTRONICHE	2 ciclo
2143000000103894	PROPAGAZIONE	2 ciclo
2143000000103904	RETI DI TELECOMUNICAZIONI	2 ciclo

ANNO V

2143000000021915	MICROONDE	1 ciclo
2143000000002515	ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE	1 ciclo
2143000000104065	ELABORAZIONE OTTICA DEI SEGNALI	1 ciclo

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	1 ciclo
2143000000125645	ELETTRONICA DELLE TELECOMUNICAZIONI	1 ciclo
2143000000088625	ELETTRONICA DELLO STATO SOLIDO	1 ciclo
2143000000020375	ELETTRONICA INDUSTRIALE	1 ciclo
2143000000111455	RETI DI CALCOLATORI	1 ciclo
2143000000008845	RICERCA OPERATIVA	1 ciclo
2143000000104135	SENSORI E TRASDUTTORI	1 ciclo
2143000000045245	ANALISI NUMERICA	2 ciclo
2143000000103845	CALCOLATORI ELETTRONICI II	2 ciclo
2143000000121465	IDENTIFICAZIONE DEI MODELLI E ANALISI DEI DATI	2 ciclo
2143000000057025	MICROELETTRONICA	2 ciclo
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 STAGE
(TIROCINIO PRATICO)

2165 - CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRICA

Per gli immatricolati dall'anno accademico 1999/2000

ANNO I

2165000000153001	ANALISI MATEMATICA A	1 ciclo
2165000000097301	FONDAMENTI DI INFORMATICA	1 ciclo
2165000000004151	FISICA GENERALE I	2 ciclo
2165000000153021 (sem.)	GEOMETRIA E ALGEBRA A	2 ciclo
2165000000153071 (sem.)	MECCANICA RAZIONALE A	2 ciclo
2165000000153011 (sem.)	CHIMICA A	2 ciclo
2165000000020581	PROVA DI CONOSCENZA DELLA LINGUA INGLESE	

Gli Insegnamenti relativi agli anni di Corso successivi verranno resi noti successivamente

2145 - CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRICA

Per gli immatricolati fino all'anno accademico 1998/99

ANNO I

214500000000151	ANALISI MATEMATICA I	
2145000000097301	FONDAMENTI DI INFORMATICA	
2145000000004151	FISICA GENERALE I	
2145000000097571	GEOMETRIA E ALGEBRA	
2145000000020581	PROVA DI CONOSCENZA DELLA LINGUA INGLESE	

ANNO II

2145000000013542	ANALISI MATEMATICA II	1 ciclo
2145000000004172	FISICA GENERALE II	1 ciclo
2145000000000882	CHIMICA	2 ciclo
2145000000004302	FISICA TECNICA	2 ciclo
2145000000013792	MECCANICA RAZIONALE	2 ciclo

ANNO III

2145000000061833	ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA	1 ciclo
2145000000117143	PRINCIPI DI INGEGNERIA ELETTRICA I	1 ciclo
2145000000008903	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI	1 ciclo
2145000000002693	ELETTRONICA	2 ciclo
2145000000006873	MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE	2 ciclo
2145000000117153	PRINCIPI DI INGEGNERIA ELETTRICA II	2 ciclo

ANNO IV

2145000000005044	IMPIANTI ELETTRICI	1 ciclo
2145000000006664	MACCHINE ELETTRICHE	1 ciclo
2145000000007324	MISURE ELETTRICHE	1 ciclo
2145000000001964	CONTROLLI AUTOMATICI	2 ciclo
2145000000506554	(sem.) CONVERSIONE STATICA DELL'ENERGIA + STRUMENTAZIONE	2 ciclo
(sem.)	ELETTRONICA DI MISURA (CORSO INTEGRATO)	
2145000000006634	MACCHINE	2 ciclo

ANNO V

2145000000527185	MODELLISTICA ED INGEGNERIA DEI MATERIALI ELETTRICI	1 ciclo
2145000000111485	SISTEMI ELETTRICI PER L'ENERGIA	1 ciclo
2145000000103825	AZIONAMENTI ELETTRICI	1 ciclo

4 Insegnamenti a scelta

ORIENTAMENTI:**1) Orientamento Sistemi per l'Energia**

2145000000134785	AFFIDABILITÀ E DIAGNOSTICA DEI SISTEMI ELETTRICI	1 ciclo
2145000000079495	SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI ELETTRICI	1 ciclo
2145000000134805	COMPONENTI E TECNOLOGIE ELETTRICHE	2 ciclo
2145000000111355	IMPIANTI DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA	2 ciclo
2145000000526985	MISURE E COLLAUDO DI MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICI	2 ciclo
2145000000041535	TECNICA DELLE ALTE TENSIONI	2 ciclo

2) Orientamento Macchine e azionamenti

214500000020375	ELETTRONICA INDUSTRIALE	1 ciclo
2145000000526465	METODOLOGIE DI PROGETTAZIONE DI MACCHINE ELETTRICHE	1 ciclo
2145000000104115	AUTOMAZIONE INDUSTRIALE	2 ciclo
2145000000526985	MISURE E COLLAUDO DI MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICI	2 ciclo
2145000000527155	MODELLISTICA DEI SISTEMI ELETTROMECCANICI	2 ciclo

3) Orientamento Automazione Industriale

214500000020375	ELETTRONICA INDUSTRIALE	1 ciclo
2145000000104135	SENSORI E TRASDUTTORI	1 ciclo
2145000000104115	AUTOMAZIONE INDUSTRIALE	2 ciclo
2145000000134795	COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA INDUSTRIALE	2 ciclo
2145000000527155	MODELLISTICA DEI SISTEMI ELETTROMECCANICI	2 ciclo

4) Orientamento Nuovi materiali e tecnologie per l'energia

2145000000134785	AFFIDABILITÀ E DIAGNOSTICA DEI SISTEMI ELETTRICI	1 ciclo
2145000000100085	MAGNETOFLUIDODINAMICA APPLICATA	1 ciclo
2145000000079495	SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI ELETTRICI	1 ciclo
2145000000134805	COMPONENTI E TECNOLOGIE ELETTRICHE	2 ciclo
2145000000041535	TECNICA DELLE ALTE TENSIONI	2 ciclo

DEVONO ESSERE SCELTI ALMENO TRE DEI CORSI INDICATI PER OGNI ORIENTAMENTO.
IL QUARTO PUÒ ESSERE ANCHE SCELTO FRA TUTTI I CORSI ELENCATI SUCCESSIVAMENTE.

2145000000134785	AFFIDABILITÀ E DIAGNOSTICA DEI SISTEMI ELETTRICI	1 ciclo
214500000020375	ELETTRONICA INDUSTRIALE	1 ciclo
2145000000100085	MAGNETOFLUIDODINAMICA APPLICATA	1 ciclo
2145000000526465	METODOLOGIE DI PROGETTAZIONE DI MACCHINE ELETTRICHE	1 ciclo
2145000000079495	SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI ELETTRICI	1 ciclo
2145000000104135	SENSORI E TRASDUTTORI	1 ciclo
2145000000104115	AUTOMAZIONE INDUSTRIALE	2 ciclo
2145000000134795	COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA INDUSTRIALE	2 ciclo
2145000000134805	COMPONENTI E TECNOLOGIE ELETTRICHE	2 ciclo
2145000000111355	IMPIANTI DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA	2 ciclo
2145000000526985	MISURE E COLLAUDO DI MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICI	2 ciclo
2145000000527155	MODELLISTICA DEI SISTEMI ELETTROMECCANICI	2 ciclo
2145000000041535	TECNICA DELLE ALTE TENSIONI	2 ciclo

Conseguentemente agli indirizzi culturali del Corso di Laurea, lo studente può anche seguire Orientamenti, da concordarsi col Consiglio di Corso di Laurea, nei settori Gestionale e Trasporti quest'ultimo centrato sul corso Sistemi di trazione.

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

2166 - CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA

Per gli immatricolati dall'anno accademico 1999/2000

ANNO I

2166000000153001		ANALISI MATEMATICA A	1 ciclo
		Analisi matematica 1° modulo - B1	
		Analisi matematica 2° modulo - B2	
2166000000153021	(sem.)	GEOMETRIA E ALGEBRA A - B1	1 ciclo
2166000000153061	(sem.)	ELETTROTECNICA A - B4	2 ciclo
2166000000153031		FISICA GENERALE M.E.	1 ciclo
		Fisica generale M - B2	
		Fisica generale E - B3	
2166000000153051		FONDAMENTI DI INFORMATICA A	1 ciclo
		Fondamenti di informatica A - B2	
		Fondamenti di informatica A - B3	
2166000000153011	(sem.)	CHIMICA A - B3	2 ciclo
2166000000153041	(sem.)	RETI LOGICHE A - B4	2 ciclo
2146000000020581		PROVA DI CONOSCENZA DELLA LINGUA INGLESE	1 ciclo

Gli Insegnamenti relativi agli anni di Corso successivi verranno resi noti successivamente

2146 - CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA

Per gli immatricolati fino all'anno accademico 1998/99

ANNO I

2146000000000151		ANALISI MATEMATICA I	
2146000000097301		FONDAMENTI DI INFORMATICA I	
2146000000000881		CHIMICA	
2146000000097571		GEOMETRIA E ALGEBRA	
2146000000004151		FISICA GENERALE I	
2146000000020581		PROVA DI CONOSCENZA DELLA LINGUA INGLESE	

ANNO II

2146000000013542		ANALISI MATEMATICA II	1 ciclo
2146000000004172		FISICA GENERALE II	1 ciclo
2146000000079462		FONDAMENTI DI INFORMATICA II	1 ciclo
2146000000067932		ELETTROTECNICA	2 ciclo
2146000000004302		FISICA TECNICA	2 ciclo
2146000000013792		MECCANICA RAZIONALE	2 ciclo

PIANO DI STUDI CON SCELTA DI ORIENTAMENTO

ANNO III

2146000151063723		ANALISI MATEMATICA III	1 ciclo
2146000151001963		CONTROLLI AUTOMATICI	1 ciclo
2146000151055793		RETI LOGICHE	1 ciclo
2146000151079413		CAMPI ELETTROMAGNETICI	2 ciclo
2146000151001923		COMUNICAZIONI ELETTRICHE	2 ciclo
2146000151024383		ELETTRONICA APPLICATA I	2 ciclo

ANNO IV

2146000151103834	CALCOLATORI ELETTRONICI I	1 ciclo
2146000151024394	ELETTRONICA APPLICATA II	1 ciclo
2146000151103934	SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE	1 ciclo
2146000151103844	CALCOLATORI ELETTRONICI II	2 ciclo
2146000151057024	MICROELETTRONICA	2 ciclo
2146000151021264	MISURE ELETTRONICHE	2 ciclo

ANNO V

2146000151002515	ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (1) 4 Insegnamenti tra quelli indicati per ciascun Orientamento	1 ciclo
------------------	--	---------

A) Orientamento Bioingegneria

2146000151502835	AUTOMAZIONE E ORGANIZZAZIONE SANITARIA	1 ciclo
2146000151079405	BIOINGEGNERIA I	2 ciclo
2146000151111345	ELABORAZIONE DI DATI E SEGNALI BIOMEDICI	2 ciclo
2146000151041525	STRUMENTAZIONE BIOMEDICA 1 Insegnamento a scelta (2)	2 ciclo

B) Orientamento Calcolatori Elettronici

2146000151109075	ELETTRONICA DEI SISTEMI DIGITALI	1 ciclo
2146000151071585	INTELLIGENZA ARTIFICIALE	2 ciclo
2146000151103945	SISTEMI INFORMATIVI I 1 Insegnamento a scelta tra:	2 ciclo
2146000151104085	LINGUAGGI E TRADUTTORI	1 ciclo
2146000151111455	RETI DI CALCOLATORI	1 ciclo

C) Orientamento Comunicazioni Elettriche

2146000151109075	ELETTRONICA DEI SISTEMI DIGITALI	1 ciclo
2146000151103895	PROPAGAZIONE	2 ciclo
2146000151103905	RETI DI TELECOMUNICAZIONI 1 Insegnamento a scelta tra:	2 ciclo
2146000151104065	ELABORAZIONE OTTICA DEI SEGNALI	1 ciclo
2146000151125645	ELETTRONICA DELLE TELECOMUNICAZIONI 1 Insegnamento a scelta (2)	1 ciclo

D) Orientamento Controlli Automatici

2146000151020375	ELETTRONICA INDUSTRIALE	1 ciclo
2146000151129695	INGEGNERIA E TECNOLOGIE DEI SISTEMI DI CONTROLLO	1 ciclo
2146000151041265	CONTROLLO DEI PROCESSI	2 ciclo
2146000151111465	ROBOTICA INDUSTRIALE 1 Insegnamento a scelta (2)	2 ciclo

E) Orientamento Gestionale

2146000151020375	ELETTRONICA INDUSTRIALE	1 ciclo
2146000151008845	RICERCA OPERATIVA	1 ciclo
2146000151134775	OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA	2 ciclo
2146000151103945	SISTEMI INFORMATIVI I 1 Insegnamento a scelta (2)	2 ciclo

F) Orientamento Progettazione Elettronica

2146000151109075	ELETTRONICA DEI SISTEMI DIGITALI	1 ciclo
2146000151111325	ARCHITETTURA DEI SISTEMI INTEGRATI	2 ciclo
2146000151104075	STRUMENTAZIONE E MISURE ELETTRONICHE	2 ciclo

1 Insegnamento a scelta tra:

2146000151125645	ELETTRONICA DELLE TELECOMUNICAZIONI	1 ciclo
2146000151020375	ELETTRONICA INDUSTRIALE	1 ciclo

G) Orientamento Strumentazione elettronica

2146000151109075	ELETTRONICA DEI SISTEMI DIGITALI	1 ciclo
2146000151104135	SENSORI E TRASDUTTORI	1 ciclo
2146000151500065	AFFIDABILITÀ E DIAGNOSTICA DI COMPONENTI E CIRCUITI ELETTRONICI	2 ciclo
2146000151104075	STRUMENTAZIONE E MISURE ELETTRONICHE	2 ciclo

1 Insegnamento a scelta (2)

INDIRIZZO BIOMEDICA**ANNO III**

2146033000063723	ANALISI MATEMATICA III	1 ciclo
2146033000001963	CONTROLLI AUTOMATICI	1 ciclo
2146033000055793	RETI LOGICHE	1 ciclo
2146033000079403	BIOINGEGNERIA I	2 ciclo
2146033000001923	COMUNICAZIONI ELETTRICHE	2 ciclo
2146033000024383	ELETTRONICA APPLICATA I	2 ciclo

ANNO IV

2146033000104124	BIOINGEGNERIA II	1 ciclo
2146033000103834	CALCOLATORI ELETTRONICI I	1 ciclo
2146033000024394	ELETTRONICA APPLICATA II	1 ciclo
2146033000079414	CAMPI ELETTROMAGNETICI	2 ciclo
2146033000021264	MISURE ELETTRONICHE	2 ciclo
2146033000041524	STRUMENTAZIONE BIOMEDICA	2 ciclo

ANNO V

2146033000002515	ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (1)	1 ciclo
2146033000103905	RETI DI TELECOMUNICAZIONI	2 ciclo

3 Insegnamenti di cui almeno 2 tra:

2146033000502835	AUTOMAZIONE E ORGANIZZAZIONE SANITARIA	1 ciclo
2146033000111335	BIOINGEGNERIA III	1 ciclo
2146033000111345	ELABORAZIONE DI DATI E SEGNALI BIOMEDICI	2 ciclo

ed il rimanente a scelta tra:

2146033000041175	ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI	2 ciclo
2146033000058025	PROPRIETÀ TERMODINAMICHE E DI TRASPORTO	2 ciclo

1 Insegnamento a scelta (2)

INDIRIZZO MICROELETTRONICA

ANNO III

2146130000063723	ANALISI MATEMATICA III	1 ciclo
2146130000001963	CONTROLLI AUTOMATICI	1 ciclo
2146130000055793	RETI LOGICHE	1 ciclo
2146130000079413	CAMPI ELETTROMAGNETICI	2 ciclo
2146130000001923	COMUNICAZIONI ELETTRICHE	2 ciclo
2146130000024383	ELETTRONICA APPLICATA I	2 ciclo

ANNO IV

2146130000103834	CALCOLATORI ELETTRONICI I	1 ciclo
2146130000024394	ELETTRONICA APPLICATA II	1 ciclo
2146130000088624	ELETTRONICA DELLO STATO SOLIDO	1 ciclo
2146130000057024	MICROELETTRONICA	2 ciclo
2146130000021264	MISURE ELETTRONICHE	2 ciclo
2146130000079413	CAMPI ELETTROMAGNETICI (3)	2 ciclo

1 Insegnamento a scelta tra (4):

2146130000079424	CHIMICA FISICA DEI MATERIALI SOLIDI	2 ciclo
2146130000103844	CALCOLATORI ELETTRONICI II	2 ciclo

ANNO V

2146130000002515	ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (1)	1 ciclo
2146130000109075	ELETTRONICA DEI SISTEMI DIGITALI	1 ciclo
2146130000103905	RETI DI TELECOMUNICAZIONI (5)	2 ciclo

1 Insegnamento tra:

2146130000020375	ELETTRONICA INDUSTRIALE	1 ciclo
2146130000500065	AFFIDABILITÀ E DIAGNOSTICA DI COMPONENTI E CIRCUITI ELETTRONICI	2 ciclo
2146130000111325	ARCHITETTURA DEI SISTEMI INTEGRATI	2 ciclo
2146130000104075	STRUMENTAZIONE E MISURE ELETTRONICHE	2 ciclo

1 Insegnamento a scelta (2)

- (1) Sostituibile con "Economia applicata all'ingegneria" attivato presso il Corso di Laurea in Ingegneria elettrica.
- (2) Può essere scelto tra tutti gli insegnamenti previsti nei Corsi di studio del settore dell'Ingegneria dell'Informazione (che comprende i corsi di Ingegneria delle Telecomunicazioni, Elettronica, Informatica). In alternativa può essere scelto l'Insegnamento di "Impianti Industriali" attivato presso il Corso di Ingegneria Gestionale.
- (3) Solo per gli studenti che si iscrivono al IV anno di Corso senza avere acquisito la firma di frequenza per l'Insegnamento a questo Insegnamento al III anno.
- (4) Solo per gli studenti che si iscrivono al IV anno di Corso avendo acquisito la firma di frequenza di Campi Elettromagnetici al III anno.
- (5) Sostituibile con Sistemi di Telecomunicazioni.

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

2147 - CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE

ANNO I

214700000000151	ANALISI MATEMATICA I	1 ciclo
2147000000097301	FONDAMENTI DI INFORMATICA	1 ciclo
2147000000000881	CHIMICA	2 ciclo
2147000000004151	FISICA GENERALE I	2 ciclo
2147000000097571	GEOMETRIA E ALGEBRA	2 ciclo
2147000000020581	PROVA DI CONOSCENZA DELLA LINGUA INGLESE	

ANNO II

2147000000013542	ANALISI MATEMATICA II	1 ciclo
2147000000004172	FISICA GENERALE II	1 ciclo
2147000000002562	ECONOMIA POLITICA	2 ciclo
2147000000067932	ELETTROTECNICA	2 ciclo
2147000000013792	MECCANICA RAZIONALE	2 ciclo

ANNO III

2147000000001963	CONTROLLI AUTOMATICI	1 ciclo
2147000000004303 (sem.)	FISICA TECNICA	1 ciclo
2147000000008903 (sem.)	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI	1 ciclo
2147000000533963	SISTEMI DI CONTROLLO DI GESTIONE + SISTEMI ORGANIZZATIVI (CORSO INTEGRATO)	1 ciclo
2147000000104203	IMPIANTI INDUSTRIALI	2 ciclo
2147000000006873	MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE	2 ciclo
2147000000008843	RICERCA OPERATIVA	2 ciclo

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
2147000000002694	ELETTRONICA (1)	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	

Orientamento Industriale-Produttivo

2147000000005045	IMPIANTI ELETTRICI (4)	1 ciclo
2147000000134835	INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME	1 ciclo
21470000000021215	TECNOLOGIE GENERALI DEI MATERIALI	1 ciclo
2147000000120875	AFFIDABILITÀ E CONTROLLO DI QUALITÀ	2 ciclo
2147000000104115	AUTOMAZIONE INDUSTRIALE	2 ciclo
2147000000041265	CONTROLLO DEI PROCESSI	2 ciclo

2147000000111685	INTERAZIONE FRA LE MACCHINE E L'AMBIENTE	2 ciclo
2147000000528035	ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E DEI SISTEMI LOGISTICI	2 ciclo
2147000000134775	OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA	2 ciclo
2147000000022355	SCIENZA DEI MATERIALI	2 ciclo
2147000000104215	SERVIZI GENERALI DI IMPIANTO	2 ciclo
2147000000134825	STRUMENTAZIONE E AUTOMAZIONE INDUSTRIALE	2 ciclo
	ENERGETICA ELETTRICA (2) (3)	
	GESTIONE DEGLI IMPIANTI INDUSTRIALI (2)	
	PRINCIPI DI INGEGNERIA ELETTRICA II (2) (3)	
Orientamento Servizi		
2147000000092355	TECNICA URBANISTICA II	Estensivo
2147000000010315	TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI	1 ciclo
2147000000002695	ELETTRONICA (1) (8)	2 ciclo
2147000000024295 (sem.)	ESTIMO	2 ciclo
2147000000119605	NOZIONI GIURIDICHE FONDAMENTALI (6)	2 ciclo
2147000000527605 (sem.)	NOZIONI GIURIDICHE FONDAMENTALI (7)	2 ciclo
2147000000046795	PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI	2 ciclo
2147000000104025	PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE	2 ciclo
2147000000103905	RETI DI TELECOMUNICAZIONI	2 ciclo
2147000000111495	SISTEMI INFORMATIVI II	2 ciclo
2147000000074335	TECNICA DEL CONTROLLO AMBIENTALE	2 ciclo
2147000000045215	FINANZA AZIENDALE (5)	
2147000000035685	POLITICA ECONOMICA (5)	
	METODI E MODELLI PER IL SUPPORTO ALLE DECISIONI (2)	

- (1) Corso costituito dall'insieme dei due Insegnamenti semestrali di Elettronica applicata I ed Elettronica applicata II impartiti nel C.d.S. in Ingegneria nucleare.
- (2) Non attivo nel corrente anno accademico.
- (3) Disciplina proposta nell'ambito di un Orientamento "Gestione industriale dell'energia" quando sarà attivato.
- (4) Disciplina già attiva che farà parte dell'Orientamento "Gestione industriale dell'energia" quando sarà attivato.
- (5) Mututato dalla Facoltà di Economia e Commercio.
- (6) Mututato dal Corso annuale di Legislazione delle opere pubbliche e dell'edilizia.
- (7) Solo per chi ha ottenuto negli anni precedenti l'attestazione di frequenza di "Istituzioni di diritto pubb. e privato sem.". Mututato dal Corso di Legislazione dell'opere pubbliche e dell'edilizia.
- (8) Non può essere scelto da chi lo ha già acquisito negli anni precedenti.

NOTA BENE: Il Corso di Laurea è giunto a completamento, pertanto non sono più in vigore le delibere assunte per la gestione del transitorio.

Gli studenti dovranno rispettare le normative generali vigenti per la Facoltà di Ingegneria.

2168 - CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA

Per gli immatricolati dall'anno accademico 1999/2000

ANNO I

216800000015300		ANALISI MATEMATICA A Analisi matematica 1° modulo - B1 Analisi matematica 2° modulo - B2	1 ciclo
216800000015302	(sem.)	GEOMETRIA E ALGEBRA A - B1	1 ciclo
2168000000153061	(sem.)	ELETTROTECNICA A - B4	2 ciclo
216800000015303		FISICA GENERALE M.E. Fisica generale M - B2 Fisica generale E - B3	1 ciclo
216800000015305		FONDAMENTI DI INFORMATICA A Fondamenti di informatica A - B2 Fondamenti di informatica A - B3	1 ciclo
216800000015301	(sem.)	CHIMICA A - B3	2 ciclo
216800000015304	(sem.)	RETI LOGICHE A - B4	2 ciclo
2168000000020581		PROVA DI CONOSCENZA DELLA LINGUA INGLESE	1 ciclo

Gli Insegnamenti relativi agli anni di Corso successivi verranno resi noti successivamente

2148 - CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA

Per gli immatricolati fino all'anno accademico 1998/99

ANNO I

2148000000000151		ANALISI MATEMATICA I	
2148000000079451		FONDAMENTI DI INFORMATICA I	
21480000000000881		CHIMICA	
2148000000097571		GEOMETRIA E ALGEBRA	
21480000000004151		FISICA GENERALE I	
2148000000020581		PROVA DI CONOSCENZA DELLA LINGUA INGLESE	1 ciclo

ANNO II

2148000000013542		ANALISI MATEMATICA II	1 ciclo
21480000000004172		FISICA GENERALE II	1 ciclo
21480000000079462		FONDAMENTI DI INFORMATICA II	1 ciclo
21480000000067932		ELETTROTECNICA	2 ciclo
21480000000004302		FISICA TECNICA	2 ciclo
2148000000013792		MECCANICA RAZIONALE	2 ciclo

ANNO III

21480000000063723		ANALISI MATEMATICA III	1 ciclo
2148000000055793		RETI LOGICHE	1 ciclo
21480000000041153		TEORIA DEI SISTEMI	1 ciclo
2148000000001923		COMUNICAZIONI ELETTRICHE	2 ciclo
21480000000036943		CONTROLLI AUTOMATICI I	2 ciclo
21480000000024383		ELETTRONICA APPLICATA I	2 ciclo

ORIENTAMENTO GESTIONALE**ANNO IV**

2148000091103834	CALCOLATORI ELETTRONICI I	1 ciclo
2148000091024394	ELETTRONICA APPLICATA II	1 ciclo
2148000091008844	RICERCA OPERATIVA	1 ciclo
2148000091021264	MISURE ELETTRONICHE	2 ciclo
2148000091134774	OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA	2 ciclo
2148000091103944	SISTEMI INFORMATIVI I	2 ciclo

ANNO V

2148000091002515	ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE	1 ciclo
2148000091111495	SISTEMI INFORMATIVI II	2 ciclo

3 Insegnamenti a scelta (*)

(*) almeno 2 tra i seguenti:

2148000091104085	LINGUAGGI E TRADUTTORI	1 ciclo
2148000091071585	INTELLIGENZA ARTIFICIALE	2 ciclo
2148000091006875	MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE	2 ciclo
2148000091528035	ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E DEI SISTEMI LOGISTICI	2 ciclo

(*) l'eventuale restante tra i seguenti: (1)

2148000091129695	INGEGNERIA E TECNOLOGIE DEI SISTEMI DI CONTROLLO	1 ciclo
2148000091016775	GESTIONE AZIENDALE	1 ciclo
2148000091104115	AUTOMAZIONE INDUSTRIALE	2 ciclo
2148000091103845	CALCOLATORI ELETTRONICI II	2 ciclo

INDIRIZZO AUTOMATICA E SISTEMI DI AUTOMAZIONE INDUSTRIALE**ANNO IV**

2148020000103834	CALCOLATORI ELETTRONICI I	1 ciclo
2148020000024394	ELETTRONICA APPLICATA II	1 ciclo
2148020000008844	RICERCA OPERATIVA	1 ciclo
2148020000041264	CONTROLLO DEI PROCESSI	2 ciclo
2148020000006874	MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE	2 ciclo
2148020000021264	MISURE ELETTRONICHE	2 ciclo

ANNO V

2148020000002515	ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE	1 ciclo
2148020000129695	INGEGNERIA E TECNOLOGIE DEI SISTEMI DI CONTROLLO	1 ciclo
2148020000036955	CONTROLLI AUTOMATICI II	1 ciclo

2 Insegnamenti a scelta (*)

(*) almeno uno tra i seguenti:

2148020000020375	ELETTRONICA INDUSTRIALE	1 ciclo
2148020000104115	AUTOMAZIONE INDUSTRIALE	2 ciclo
2148020000111465	ROBOTICA INDUSTRIALE	2 ciclo

(*) l'eventuale restante tra i seguenti: (1)

2148020000111455	RETI DI CALCOLATORI	1 ciclo
2148020000104135	SENSORI E TRASDUTTORI	1 ciclo
2148020000103845	CALCOLATORI ELETTRONICI II	2 ciclo
2148020000121465	IDENTIFICAZIONE DEI MODELLI E ANALISI DEI DATI	2 ciclo

214802000071585	INTELLIGENZA ARTIFICIALE	2 ciclo
2148020000527155	MODELLISTICA DEI SISTEMI ELETTROMECCANICI	1 ciclo
2148020000528035	ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E DEI SISTEMI LOGISTICI	2 ciclo
2148020000134775	OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA	2 ciclo

INDIRIZZO SISTEMI ED APPLICAZIONI INFORMATICI

ANNO IV

2148194000103834	CALCOLATORI ELETTRONICI I	1 ciclo
2148194000024394	ELETTRONICA APPLICATA II	1 ciclo
2148194000008844	RICERCA OPERATIVA	1 ciclo
2148194000103844	CALCOLATORI ELETTRONICI II	2 ciclo
2148194000021264	MISURE ELETTRONICHE	2 ciclo
2148194000103944	SISTEMI INFORMATIVI I	2 ciclo

ANNO V

2148194000002515	ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE	1 ciclo
------------------	-------------------------------------	---------

4 Insegnamenti a scelta (*)

(*) almeno 3 tra i seguenti:

2148194000104085	LINGUAGGI E TRADUTTORI	1 ciclo
2148194000111455	RETI DI CALCOLATORI	1 ciclo
2148194000006875	MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE	2 ciclo
2148194000071585	INTELLIGENZA ARTIFICIALE	2 ciclo
2148194000090325	INGEGNERIA DEL SOFTWARE	2 ciclo
2148194000111495	SISTEMI INFORMATIVI II	2 ciclo

(*) l'eventuale restante tra i seguenti: (1)

2148194000109075	ELETTRONICA DEI SISTEMI DIGITALI	1 ciclo
2148194000016775	GESTIONE AZIENDALE	1 ciclo
2148194000129695	INGEGNERIA E TECNOLOGIE DEI SISTEMI DI CONTROLLO	1 ciclo
2148194000111325	ARCHITETTURA DEI SISTEMI INTEGRATI	2 ciclo
2148194000528035	ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E DEI SISTEMI LOGISTICI	2 ciclo
2148194000134775	OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA	2 ciclo
2148194000103905	RETI DI TELECOMUNICAZIONI	2 ciclo

(1) Oppure qualunque altro Insegnamento incluso nei piani di studio del settore dell'Ingegneria dell'Informazione (che comprende il Corso di laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni, Elettronica e Informatica).

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

2149 - CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA

ANNO I

214900000000151	ANALISI MATEMATICA I	1 ciclo
2149000000097581	DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE	1 ciclo
2149000000000881	CHIMICA	2 ciclo
2149000000004151	FISICA GENERALE I	2 ciclo
2149000000097571	GEOMETRIA E ALGEBRA	2 ciclo
2149000000020581	PROVA DI CONOSCENZA DELLA LINGUA INGLESE	2 ciclo

ANNO II

2149000000013542	ANALISI MATEMATICA II	1 ciclo
2149000000004172	FISICA GENERALE II	1 ciclo
2149000000013792	MECCANICA RAZIONALE	2 ciclo
2149000000097302	FONDAMENTI DI INFORMATICA	2 ciclo

ANNO III

2149000000067933	ELETTROTECNICA	1 ciclo
2149000000004303	FISICA TECNICA	1 ciclo
2149000000008903	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI	1 ciclo
2149000000006873	MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE	2 ciclo
2149000000042943	MECCANICA DEI FLUIDI (1)	2 ciclo
2149000000010373	TECNOLOGIA MECCANICA	2 ciclo

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 (*): (2)

ANNO V

2149000134005155	IMPIANTI MECCANICI	1 ciclo
------------------	--------------------	---------

6 materie a scelta tra (*): (2)

(*) Materie a scelta per l'Orientamento Trasporti

2149000134010315	TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI	(IV) 1 ciclo
2149000134006675	MACCHINE II	(V) 1 ciclo
2149000134111715	PROGETTAZIONE DI SISTEMI DI TRASPORTO	(V) 1 ciclo
2149000134111645	COSTRUZIONE DI MACCHINE II	(V) 2 ciclo
2149000134047105	MECCANICA DELLE VIBRAZIONI	(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
2149000134067765	SISTEMI DI TRAZIONE	(V)	2 ciclo
2149000134128204	TECNOLOGIE DI CHIMICA APPLICATA	(IV)	2 ciclo
2149000134111775	TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE	(V)	2 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 (*): (2)

ANNO V

2149022000005155	IMPIANTI MECCANICI		1 ciclo
------------------	--------------------	--	---------

6 materie a scelta tra (*): (2)

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

2149022000006675	MACCHINE II	(V)	1 ciclo
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 (3), 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 (*): (2)

ANNO V

2149058000005155	IMPIANTI MECCANICI	(V)	1 ciclo
------------------	--------------------	-----	---------

6 materie a scelta tra (*): (2)

(*) Materie a scelta per l'Indirizzo Costruzioni

2149058000037265	DISEGNO DI MACCHINE	(IV)	1 ciclo
2149058000104145	CONSTRUZIONE DI MACCHINE AUTOMATICHE E ROBOT	(V)	1 ciclo
2149058000006675	MACCHINE II	(V)	1 ciclo
2149058000041175	ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI	(V)	2 ciclo
2149058000111645	CONSTRUZIONE DI MACCHINE II	(V)	2 ciclo
2149058000047105	MECCANICA DELLE VIBRAZIONI	(V)	2 ciclo

1 Insegnamento a scelta (3), 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	CONSTRUZIONE DI MACCHINE		2 ciclo
2149084000092684	ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE		2 ciclo
2149084000020784	MACCHINE I		2 ciclo

1 materia a scelta tra (*): (2)

2149084000005155	IMPIANTI MECCANICI		1 ciclo
------------------	--------------------	--	---------

6 materie a scelta tra (*): (2)

(*) Materie a scelta per l'Indirizzo Energia

2149084000006675	MACCHINE II	(V)	1 ciclo
2149084000128205	TECNOLOGIE DI CHIMICA APPLICATA	(V)	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	CONSTRUZIONE DI MACCHINE AUTOMATICHE E ROBOT	(V)	1 ciclo
2149084000041175	ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI	(V)	2 ciclo

1 Insegnamento a scelta (3), 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 (4)	(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 (*): (2)

ANNO V

2149122000005155	IMPIANTI MECCANICI		1 ciclo
------------------	--------------------	--	---------

6 materie a scelta tra (*): (2)

(*): Materie a scelta per l'Indirizzo Materiali

2149122000021215	TECNOLOGIE GENERALI DEI MATERIALI	(IV)	1 ciclo
2149122000006675	MACCHINE II	(V)	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 (3), 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
2149122000022355	SCIENZA DEI MATERIALI	(V)	1 ciclo
2149122000047665	IMPIANTI SPECIALI	(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 (*): (2)

ANNO V

2149164000005155	IMPIANTI MECCANICI		1 ciclo
------------------	--------------------	--	---------

6 materie a scelta tra (*): (2)

(*): Materie a scelta per l'Indirizzo Produzione

2149164000104145	COSTRUZIONE DI MACCHINE AUTOMATICHE E ROBOT	(V)	1 ciclo
2149164000006675	MACCHINE II	(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 (3), 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		2 ciclo

- (1) Corso anticipabile dallo studente, dietro presentazione di piano di studi, al 2° anno, con l'avvertenza che in tal caso l'iscrizione sarà condizionata dal superamento anche dell'esame della suddetta materia.
- (2) Delle 7 materie a scelta, 6 sono quelle obbligatorie dell'Indirizzo prescelto e una può essere fra tutte quelle attivate nella Facoltà, preferibilmente fra quelle consigliate nell'Indirizzo. Il numero complessivo di materie a scelta è diminuito di una unità per chi ha già eseguito una scelta al 2° anno prima dell'a.a.1993/94.
- (3) Fra tutte quelle attivate nella Facoltà.
- (4) 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.

2150 - CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA NUCLEARE

ANNO I

2150000000000151	ANALISI MATEMATICA I		1 ciclo
2150000000097581	DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE		1 ciclo
21500000000000881	CHIMICA		2 ciclo
21500000000004151	FISICA GENERALE I		2 ciclo
2150000000097571	GEOMETRIA E ALGEBRA		2 ciclo
2150000000020581	PROVA DI CONOSCENZA DELLA LINGUA INGLESE		

ANNO II

2150000000013542	ANALISI MATEMATICA II		1 ciclo
2150000000004172	FISICA GENERALE II		1 ciclo
2150000000004302	FISICA TECNICA		2 ciclo
2150000000097302	FONDAMENTI DI INFORMATICA		2 ciclo
2150000000013792	MECCANICA RAZIONALE		2 ciclo

ANNO III

2150000000067933	ELETTROTECNICA	1 ciclo
215000000004223	FISICA NUCLEARE	1 ciclo
2150000000008903	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI	1 ciclo
2150000000506373 (sem.)	CONTROLLI AUTOMATICI I	2 ciclo
2150000000512983 (sem.)	ELETTRONICA APPLICATA I	2 ciclo
2150000000006873	MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE	2 ciclo
2150000000099403	METODI MATEMATICI PER I REATTORI NUCLEARI	2 ciclo

ANNO IV

2150000000013844	COSTRUZIONE DI MACCHINE	1 ciclo
2150000000543734	FONDAMENTI DI FISICA DEI REATTORI A FISSIONE E A FUSIONE	1 ciclo
2150000000092684	ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE	2 ciclo
2150000000006634	MACCHINE	2 ciclo

2 annualità di Orientamento a scelta

ANNO V

2150000000005175	IMPIANTI NUCLEARI	1 ciclo
2150000000010595	TERMOTECNICA DEL REATTORE	1 ciclo
21500000000146185	RADIOPROTEZIONE FISICA	2 ciclo
21500000000111945	TECNOLOGIE E APPLICAZIONI NUCLEARI	2 ciclo

3 annualità di Orientamento a scelta

1) Orientamento Impiantistico Costruttivo

21500000000103825	AZIONAMENTI ELETTRICI	(V) 1 ciclo
2150000000079424	CHIMICA FISICA DEI MATERIALI SOLIDI	(IV) 1 ciclo
2150000000530335	PRINCIPI E METODOLOGIE DELLA PROGETTAZIONE MECCANICA	(V) 1 ciclo
21500000000103914	SICUREZZA E ANALISI DI RISCHIO	(IV) 1 ciclo
21500000000134795	COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA INDUSTRIALE	(V) 2 ciclo
2150000000079725	ENERGETICA E SISTEMI NUCLEARI	(V) 2 ciclo
2150000000523835 (sem.)	LOCALIZZAZIONE DEI SISTEMI ENERGETICI I	(V) 2 ciclo
2150000000523845 (sem.)	LOCALIZZAZIONE DEI SISTEMI ENERGETICI II	(V) 2 ciclo
21500000000113515	PROGETTI E COSTRUZIONI NUCLEARI	(V) 2 ciclo
2150000000010444	TECNOLOGIA DEI MATERIALI NUCLEARI	(IV) 2 ciclo

2) Orientamento Ingegneria Fisica e Modellistica

2150000000079424	CHIMICA FISICA DEI MATERIALI SOLIDI	(IV) 1 ciclo
21500000000100085	MAGNETOFLUIDODINAMICA APPLICATA	(V) 1 ciclo
21500000000134895	METODI NUMERICI PER I REATTORI NUCLEARI	(V) 1 ciclo
2150000000506394 (sem.)	CONTROLLI AUTOMATICI II	(IV) 2 ciclo
2150000000513024 (sem.)	ELETTRONICA APPLICATA II	(IV) 2 ciclo
21500000000111935	REATTORI NUCLEARI AVANZATI	(V) 2 ciclo
21500000000111814	TRASPORTO DI PARTICELLE E DI RADIAZIONE	(IV) 2 ciclo

2151 - CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

ANNO I

215100000000151	ANALISI MATEMATICA I	1 ciclo
2151000000097581	DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE (1)	1 ciclo
2151000000000881	CHIMICA	2 ciclo
2151000000004151	FISICA GENERALE I	2 ciclo
2151000000097571	GEOMETRIA E ALGEBRA	2 ciclo
2151000000020581	PROVA DI CONOSCENZA DELLA LINGUA INGLESE	

ANNO II

2151000000013542	ANALISI MATEMATICA II	1 ciclo
2151000000079432 (sem.)	ELEMENTI DI ECOLOGIA	1 ciclo
2151000000004172	FISICA GENERALE II	1 ciclo
2151000000539942 (sem.)	TECNOLOGIE DI CHIMICA APPLICATA (2)	1 ciclo
2151000000092682	ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE	2 ciclo
2151000000097302	FONDAMENTI DI INFORMATICA	2 ciclo
2151000000013792	MECCANICA RAZIONALE	2 ciclo

INDIRIZZO AMBIENTE**ANNO III**

2151003000067933 (sem.)	ELETTROTECNICA	1 ciclo
2151003000104273	FISICA TECNICA AMBIENTALE	1 ciclo
2151003000004653	GEOLOGIA APPLICATA	1 ciclo
2151003000004903	IDRAULICA	1 ciclo
2151003000008903	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI	1 ciclo
2151003000510463 (sem.)	DIRITTO DELL'AMBIENTE	2 ciclo
2151003000068783 (sem.)	ELETTROTECNICA II	2 ciclo
2151003000006633 (sem.)	MACCHINE	2 ciclo

ANNO IV

2151003000041144	MECCANICA DELLE ROCCE	1 ciclo
2151003000010614	TOPOGRAFIA	2 ciclo
2151003000004934	IDROLOGIA	1 ciclo
2151003000518524	INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE	Estensivo
2151003000104024	PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE	2 ciclo

1 materia di Orientamento a scelta

ANNO V

2151003000111375	INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE	1 ciclo
2151003000090435	INGEGNERIA DEL TERRITORIO	1 ciclo
2151003000543955	MODELLISTICA E CONTROLLO DEI SISTEMI AMBIENTALI	2 ciclo

2 annualità di Orientamento a scelta

MATERIE DI ORIENTAMENTO**A) Orientamento Ingegneria di Processo**

2151003000099415		ANALISI DI SICUREZZA NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO	(V)	1 ciclo
2151003000104264	(sem.)	ANALISI STRUMENTALE E CONTROLLO DEI MATERIALI	(IV)	2 ciclo
2151003000001375		CHIMICA INDUSTRIALE	(V)	2 ciclo
2151003000041354	(sem.)	IDROGEOLOGIA APPLICATA	(IV)	2 ciclo
2151003000111435		PROCESSI BIOTECNOLOGICI AMBIENTALI	(V)	2 ciclo
2151003000111744		TECNICA DELLA SICUREZZA AMBIENTALE	(IV)	2 ciclo

B) Orientamento Ingegneria Sanitaria

2151003000002065		COSTRUZIONI IDRAULICHE	(V)	Estensivo
2151003000020065	(sem.)	ACQUEDOTTI E FOGNATURE	(V)	1 ciclo
2151003000134835		INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME	(V)	1 ciclo
2151003000518545		INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE II	(V)	1 ciclo
2151003000079474	(sem.)	MECCANICA DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO	(IV)	1 ciclo
2151003000017245	(sem.)	GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE	(V)	2 ciclo
2151003000041354	(sem.)	IDROGEOLOGIA APPLICATA	(IV)	2 ciclo

C) Orientamento Ingegneria delle materie prime

2151003000134835		INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME	(V)	1 ciclo
2151003000079474	(sem.)	MECCANICA DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO	(IV)	1 ciclo
2151003000001375		CHIMICA INDUSTRIALE	(V)	1 ciclo
2151003000117025		CAVE E RECUPERO AMBIENTALE	(V)	2 ciclo
2151003000041354	(sem.)	IDROGEOLOGIA APPLICATA	(IV)	2 ciclo
2151003000111685		INTERAZIONE FRA LE MACCHINE E L'AMBIENTE	(V)	2 ciclo

D) Orientamento Biotecnologia ambientale

2151003000099415		ANALISI DI SICUREZZA NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO	(V)	1 ciclo
2151003000001484		CHIMICA ORGANICA	(IV)	1 ciclo
2151003000081274		BIOCHIMICA INDUSTRIALE	(IV)	2 ciclo
2151003000111435		PROCESSI BIOTECNOLOGICI AMBIENTALI	(V)	2 ciclo

E) Orientamento Costruzioni ambientali

2151003000002065		COSTRUZIONI IDRAULICHE	(V)	Estensivo
2151003000090474		TECNICA DELLE COSTRUZIONI	(IV)	Estensivo
2151003000117025		CAVE E RECUPERO AMBIENTALE	(V)	2 ciclo

INDIRIZZO DIFESA DEL SUOLO**ANNO III**

2151072000067933	(sem.)	ELETTROTECNICA		1 ciclo
2151072000104273		FISICA TECNICA AMBIENTALE		1 ciclo
2151072000004903		IDRAULICA		1 ciclo
2151072000008903		SCIENZA DELLE COSTRUZIONI		1 ciclo
2151072000510463	(sem.)	DIRITTO DELL'AMBIENTE		2 ciclo
2151072000004643		GEOLOGIA		2 ciclo
2151072000006633	(sem.)	MACCHINE		2 ciclo

ANNO IV

2151072000020074	GEOTECNICA	Estensivo
2151072000518524	INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE	Estensivo
2151072000090474	TECNICA DELLE COSTRUZIONI	Estensivo
2151072000004934	IDROLOGIA	1 ciclo
2151072000041144	MECCANICA DELLE ROCCE	1 ciclo
2151072000010614	TOPOGRAFIA	2 ciclo

ANNO V

2151072000002065	COSTRUZIONI IDRAULICHE	Estensivo
2151072000079475 (sem.)	MECCANICA DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO	1 ciclo
2151072000011725	PROTEZIONE IDRAULICA DEL TERRITORIO	1 ciclo
2151072000010195	TECNICA DEI SONDAGGI	2 ciclo

2 annualità a scelta fra:

2151072000016565	FOTOGRAMMETRIA	(V) 1 ciclo
2151072000057245	GEOFISICA APPLICATA	(V) 1 ciclo
2151072000517245 (sem.)	GEOSTATISTICA APPLICATA	(V) 1 ciclo
2151072000090435	INGEGNERIA DEL TERRITORIO	(V) 1 ciclo
21510720000117025	CAVE E RECUPERO AMBIENTALE	(V) 2 ciclo
2151072000041255	CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI	(V) 2 ciclo
2151072000017245 (sem.)	GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE	(V) 2 ciclo
2151072000041355 (sem.)	IDROGEOLOGIA APPLICATA	(V) 2 ciclo
2151072000543955	MODELLISTICA E CONTROLLO DEI SISTEMI AMBIENTALI	(V) 2 ciclo
2151072000011745	TECNICA DELLA SICUREZZA AMBIENTALE	(V) 2 ciclo

INDIRIZZO GEORISORSE

ANNO III

2151103000067933 (sem.)	ELETTROTECNICA	1 ciclo
21511030000104273	FISICA TECNICA AMBIENTALE	1 ciclo
2151103000004903	IDRAULICA	1 ciclo
21511030000146193	MINERALOGIA E LITOLOGIA	1 ciclo
2151103000008903	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI	1 ciclo
2151103000004643	GEOLOGIA	2 ciclo
2151103000006633 (sem.)	MACCHINE	2 ciclo

ANNO IV

2151103000004824	GIACIMENTI MINERARI	1 ciclo
2151103000041144	MECCANICA DELLE ROCCE	1 ciclo
2151103000000544	ARTE MINERARIA	2 ciclo
2151103000010614	TOPOGRAFIA	2 ciclo

1 annualità di Orientamento a scelta

ANNO V

21511030000134835	INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME	1 ciclo
2151103000057245	GEOFISICA APPLICATA	1 ciclo
21511030000510465 (sem.)	DIRITTO DELL'AMBIENTE	2 ciclo
2151103000010195	TECNICA DEI SONDAGGI	2 ciclo
2151103000011385	INGEGNERIA DEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI	2 ciclo

1,5 annualità di Orientamento a scelta

MATERIE DI ORIENTAMENTO**A) Orientamento Cave e Miniere**

2151103000517244	(sem.)	GEOSTATISTICA APPLICATA	1 ciclo
2151103000005164		IMPIANTI MINERARI	1 ciclo
2151103000079474	(sem.)	MECCANICA DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO	1 ciclo
2151103000117025		CAVE E RECUPERO AMBIENTALE	2 ciclo
2151103000041354	(sem.)	IDROGEOLOGIA APPLICATA	2 ciclo

B) Orientamento Idrocarburi e fluidi indogeni

2151103000517244	(sem.)	GEOSTATISTICA APPLICATA	1 ciclo
2151103000079474	(sem.)	MECCANICA DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO	1 ciclo
2151103000008165		PRODUZIONE E TRASPORTO DEGLI IDROCARBURI	1 ciclo
2151103000041354	(sem.)	IDROGEOLOGIA APPLICATA	2 ciclo
2151103000007315		MISURE E CONTROLLI NEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI	2 ciclo

INDIRIZZO GEOTECNOLOGIE**ANNO III**

2151105000067933	(sem.)	ELETTROTECNICA	1 ciclo
2151105000104273		FISICA TECNICA AMBIENTALE	1 ciclo
2151105000004903		IDRAULICA	1 ciclo
2151105000146193		MINERALOGIA E LITOLOGIA	1 ciclo
2151105000008903		SCIENZA DELLE COSTRUZIONI	1 ciclo
2151105000004643		GEOLOGIA	2 ciclo
2151105000006633	(sem.)	MACCHINE	2 ciclo

ANNO IV

2151105000020074		GEOTECNICA	Estensivo
2151105000090474		TECNICA DELLE COSTRUZIONI	Estensivo
2151105000079474	(sem.)	MECCANICA DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO	1 ciclo
2151105000041144		MECCANICA DELLE ROCCE	1 ciclo
21511050000510464	(sem.)	DIRITTO DELL'AMBIENTE	2 ciclo
2151105000010614		TOPOGRAFIA	2 ciclo

1 annualità a scelta

ANNO V

2151105000057245		GEOFISICA APPLICATA	1 ciclo
2151105000120905		INGEGNERIA DEGLI SCAVI	2 ciclo
2151105000010195		TECNICA DEI SONDAGGI	2 ciclo

2 annualità a scelta

MATERIE A SCELTA

2151105000002065		COSTRUZIONI IDRAULICHE	(V) Estensivo
2151105000509445		COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI	(V) 1 ciclo
2151105000016565		FOTOGRAMMETRIA	(V) 1 ciclo
2151105000517244	(sem.)	GEOSTATISTICA APPLICATA	(IV) 1 ciclo
2151105000005164		IMPIANTI MINERARI	(IV) 1 ciclo
2151105000090435		INGEGNERIA DEL TERRITORIO	(V) 1 ciclo
2151105000134835		INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME	(V) 1 ciclo
2151105000117025		CAVE E RECUPERO AMBIENTALE	(V) 2 ciclo

2151105000041255		CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI	(V)	2 ciclo
2151105000041354	(sem.)	IDROGEOLOGIA APPLICATA	(IV)	2 ciclo
2151105000537795	(sem.)	STRUTTURE DI FONDAZIONE	(V)	2 ciclo

INDIRIZZO PIANIFICAZIONE E GESTIONE TERRITORIALE

ANNO III

2151158000067933	(sem.)	ELETTROTECNICA		1 ciclo
2151158000104273		FISICA TECNICA AMBIENTALE		1 ciclo
2151158000004653		GEOLOGIA APPLICATA		1 ciclo
2151158000004903		IDRAULICA		1 ciclo
2151158000008903		SCIENZA DELLE COSTRUZIONI		1 ciclo
2151158000010163		TECNICA URBANISTICA		1 ciclo
2151158000006633	(sem.)	MACCHINE		2 ciclo

ANNO IV

2151158000518524		INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE		Estensivo
2151158000090474		TECNICA DELLE COSTRUZIONI		Estensivo
2151158000092354		TECNICA URBANISTICA II		Estensivo
2151158000041144		MECCANICA DELLE ROCCE		1 ciclo
2151158000017244	(sem.)	GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE		2 ciclo
2151158000111744		TECNICA DELLA SICUREZZA AMBIENTALE		2 ciclo
2151158000010614		TOPOGRAFIA		2 ciclo

ANNO V

2151158000543965		TECNICHE DI ANALISI URBANE E TERRITORIALI		1 ciclo
2151158000010315		TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI		1 ciclo
2151158000510465	(sem.)	DIRITTO DELL'AMBIENTE		2 ciclo

2 annualità a scelta

MATERIE A SCELTA

2151158000002065		COSTRUZIONI IDRAULICHE		Estensivo
2151158000099415		ANALISI DI SICUREZZA NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO		1 ciclo
2151158000509445		COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI		1 ciclo
2151158000016565		FOTOGRAMMETRIA		1 ciclo
2151158000117025		CAVE E RECUPERO AMBIENTALE		2 ciclo
2151158000111685		INTERAZIONE FRA LE MACCHINE E L'AMBIENTE		2 ciclo
2151158000010195		TECNICA DEI SONDAggi		2 ciclo

(1) Sostituibile con "Disegno" nell'Indirizzo Pianificazione e Gestione Territoriale.

(2) Sostituibile con "Elementi di termodinamica dell'Ingegneria chimica: bilanci di materia ed energia (sem.)" nell'Indirizzo Ambiente.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA AEROSPAZIALE - sede di Forlì

anno di Corso	Moduli	esami Diploma Universitario esami Corso di laurea	semestre
I	1) Elementi di matematica	Matematica I	I
	2) Istituzioni di matematiche I		I
	3) Fondamenti di Informatica I	Fondamenti di informatica	I
	4) Fondamenti di Informatica II		I
	5) Chimica	Chimica	I
	6) Istituzioni di matematiche II	Matematica II	II
	7) Meccanica razionale		II
	8) Fisica generale I	Fisica generale	II
	9) Fisica generale II		II
	10) Elettrotecnica	Elettrotecnica	II
II	11) Macchine	Macchine	I
	12) Disegno tecnico aerospaziale	Disegno tecnico aerospaziale	I
	13) Fluidodinamica I	Aerodinamica	I
	14) Fluidodinamica II		I
	15-16) Modulo a scelta di specializzazione (*)		I
	17) Comportamento meccanico dei materiali	Strutture e materiali	II
	18) Tecnologie delle costruzioni aerodinamiche		II
	19) Meccanica del volo	Meccanica del volo	II
	20) Elettronica	Elettronica	II
	21) Controlli automatici	Controlli automatici	II
	(*) a scelta fra		
ORIENTAMENTO QUALITÀ			
	15) Meccanica applicata alle macchine	Meccanica applicata <i>oppure</i>	I
	16) Disegno assistito dal calcolatore	Disegno assistito dal calcolatore	I
ORIENTAMENTO OPERAZIONI DI VOLO			
	15) Diritto internazionale della navigazione	Norme e procedure del traffico aereo	I
	16) Teoria e tecnica della circolazione		I
ORIENTAMENTO SPAZIO E TELECOMUNICAZIONI			
	15) Diritto internazionale della navigazione	Norme e procedure del traffico aereo	I
	16) Teoria e tecnica della circolazione		I

anno di Corso	Moduli	esami Diploma Universitario esami Corso di laurea	semestre
III	22) Aerodinamica II	Progetti di aeromobili	I
	23) Strutture aerodinamiche		
	24) Impianti aerospaziali	Impianti aerospaziali	I
	25) Economia e organizzazione aziendale	Economia e organizzazione aziendale	I
	26) Moduli a scelta di specializzazione (*)		I
	27) Propulsione aerospaziale I	Propulsione aerospaziale	II
	28) Propulsione aerospaziale II		II
	29-30) Moduli a scelta di specializzazione (*)		II
	Attività specifica (**)		

(*) a scelta fra

ORIENTAMENTO QUALITÀ

26) Scienza dei metalli	Scienza dei metalli	I
29) Diagnostica strutturale	Controllo di qualità	II
30) Affidabilità e sicurezza delle costruzioni meccaniche		

ORIENTAMENTO OPERAZIONI DI VOLO

28) Sensori ed attuatori elettrici	Sensori ed attuatori elettrici	I
29) Meteorologia	Navigazione aerea	II
30) Navigazione aerea		

ORIENTAMENTO SPAZIO E TELECOMUNICAZIONI

26) Sensori ed attuatori elettrici	Sensori ed attuatori elettrici	I
29) Sistemi di radiocomunicazione	Sistemi di telecomunicazioni satellitari	II
30) Sistemi aerospaziali		

PER GLI STUDENTI DEL DIPLOMA UNIVERSITARIO: TIROCINIO e TESI D.U.

PER GLI STUDENTI DEL CORSO DI LAUREA: Metodi matematici per l'ingegneria

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA BIOMEDICA - sede di Cesena

anno di Corso	Insegnamento	mutuato da Diploma universitario	ciclo
I	1) Analisi matematica I (A) Geometria ed algebra (A)	Analisi matematica I (DU)	I
		Geometria ed algebra (DU)	II
	2) Fisica generale I	Fisica generale I (DU) e II(DU)	I e II
	3) Fondamenti di informatica (A) Reti logiche	Fondamenti di informatica (DU)	I
		Reti logiche (DU)	II
	4) Elettrotecnica Controlli automatici	Elettrotecnica (DU)	II
		Fondamenti di automatica (DU)	III
	5) Elettronica applicata I (A) Comunicazioni elettriche (A)	Elettronica applicata I (DU)	III
		Comunicazioni elettriche I (DU)	III

Nell'anno accademico 1999/2000 è attivato solo il I anno di Corso. Gli Insegnamenti per gli altri quattro anni sono elencati a titolo indicativo, nel rispetto delle norme di legge, e potranno subire modifiche sostanziali anche in conseguenza del previsto riordino degli studi di ingegneria

- II** (*)
- 6) Analisi matematica I(B) (1/2) + Fisica-matematica (1/2)
 - 7) Fisiologia umana
 - 8) Fisica tecnica
 - 9) Bioingegneria (1/2) + Strumentazione biomedica (1/2)
 - 10) Elettronica (applicata I) (B) (1/2) + Chimica (A) (1/2)

(*) non attivato nell'anno accademico 1999/2000

- III** (*)
- 11) Analisi matematica II
 - 12) Matematica applicata (1/2) + Geometria e algebra (B) (1/2)
 - 13) Fisica generale II
 - 14) Biomeccanica
 - 15) Automazione e organizzazione sanitaria (1/2) +
+ Fondamenti di informatica I (B)
 - 16) Comportamento meccanico dei materiali

(*) non attivato nell'anno accademico 1999/2000

- IV** (*)
- 17) Biomateriali
 - 18) Chimica (B) (1/2) + Organi artificiali (1/2)
 - 19) Elettronica applicata II (A) (1/2) + Controlli automatici I (B) (1/2)
 - 20) Propagazione (1/2) + Misure elettriche (1/2)
 - 21) *Insegnamento a scelta, di Informatica*
 - 22) *Insegnamento a scelta*

(*) non attivato nell'anno accademico 1999/2000

- V** (*)
- 23) Economia ed organizzazione aziendale
 - 24) Costruzioni biomeccaniche (1/2)
 - 25) Elaborazione di dati e segnali biomedici
 - 26) Fisiologia umana
 - 27) *Insegnamento a scelta,*
 - 28) *Insegnamento a scelta*

(*) non attivato nell'anno accademico 1999/2000

NB) Gli Insegnamenti a scelta possono essere selezionati da tre gruppi:

I) gruppo di Insegnamenti biomedici

II) gruppo di Insegnamenti del settore dell'Informazione

III) gruppo di Insegnamenti di tecnologie industriali

A partire da questi Insegnamenti saranno costituiti diversi Orientamenti, collocati al IV e al V anno di Corso.

NB) È previsto l'accertamento della conoscenza della lingua inglese.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA - sede di Forlì

anno di Corso	Discipline Corso di laurea	moduli Diploma universitario
I	(5 annualità) (6 esami)	(10 moduli) (6 esami)
	Matematica A	Analisi matematica I Geometria
	Fondamenti di Informatica	Fondamenti di informatica I Fondamenti di Informatica II
	Chimica (sem.)	Chimica
	Fisica generale	Fisica I Fisica II
	Matematica B	Analisi matematica II Meccanica razionale
	Elettrotecnica	Elettrotecnica
II	(5 annualità) (7 esami)	(10 moduli) (7 esami)
	Disegno tecnico industriale	Disegno tecnico industriale Disegno assistito dal calcolatore
	Costruzione di macchine (int.)	Comportamento meccanico dei materiali Tecnica delle costruzioni meccaniche
	Fisica tecnica	Fisica tecnica Termofluidodinamica applicata
	Meccanica applicata alle macchine I (sem.)	Meccanica applicata alle macchine I
	Meccanica dei fluidi (sem.)	Meccanica dei fluidi
	Economia ed organizzazione aziendale (sem.)	Economia ed organizzazione aziendale
	Meccanica applicata alle macchine II (sem.)	Macchine
III	(5 annualità) (7 esami)	(10 moduli + tirocinio) (10 esami)
	Sistemi energetici	Macchine II Macchine III
	Tecnologia meccanica	Tecnologia meccanica I Tecnologia meccanica II
	Impianti meccanici	Impianti meccanici I Impianti meccanici II
	Elettrotecnica II	Azionamenti elettrici
	Chimica applicata (sem.)	
Metodi matematici per l'ingegneria		

anno di Corso	Discipline Corso di laurea	moduli Diploma universitario
	Fisica II	<p data-bbox="522 256 619 274">Orientamento</p> <p data-bbox="522 278 853 296">STRUMENTAZIONI E SPERIMENTAZIONI</p> <ul data-bbox="522 301 822 365" style="list-style-type: none">- Misure meccaniche, termiche e collaudi- Strumentazione e automazione I- Diagnostica dei sistemi meccanici <p data-bbox="522 379 619 397">Orientamento</p> <p data-bbox="522 402 739 419">AFFIDABILITÀ E QUALITÀ</p> <ul data-bbox="522 424 781 488" style="list-style-type: none">- Affidabilità e sicurezza- Diagnostica strutturale- Diagnostica dei sistemi meccanici <p data-bbox="522 503 612 520">TIROCINIO</p> <p data-bbox="522 525 816 565">Per coloro che, avendo conseguito il D.U. intendono proseguire per la laurea:</p> <ul data-bbox="522 569 801 649" style="list-style-type: none">- Chimica applicata (sem.)- Metodi matematici per l'ingegneria- Fisica II- Meccanica applicata alle macchine II

CALENDARIO DELLE LEZIONI

a) Insegnamenti a svolgimento intensivo

Gli Insegnamenti vengono impartiti in due cicli di lezioni:

- I ciclo:** Insegnamenti I anno: 20 settembre - 18 dicembre 1999
 Insegnamenti anni successivi: 27 settembre - 23 dicembre 1999
 (vacanze natalizie: 24 dicembre 1999 - 6 gennaio 2000)
- II ciclo:** 21 febbraio - 27 maggio 2000
 (vacanze pasquali: 20 aprile - 25 aprile 2000)

b) Insegnamenti a svolgimento estensivo

18 ottobre 1999 - 15 gennaio 2000 e 28 febbraio - 13 maggio 2000
 (le vacanze natalizie e pasquali sono le stesse dei Corsi intensivi)

N.B. Il Consiglio di Facoltà, accogliendo l'auspicio della Commissione per la didattica, invita i titolari degli Insegnamenti a destinare, ove possibile, l'ultima settimana di lezione ad esclusiva attività di sostegno per la preparazione degli esami.

CALENDARIO DEGLI ESAMI DI PROFITTO

Nei periodi sottoindicati lo studente in regola con l'iscrizione per l'anno accademico 1998/1999 può sostenere senza alcuna limitazione numerica tutti gli esami per i quali possiede l'attestazione di frequenza.

I sessione:	– anticipo per Insegnamenti di I ciclo	07/01 - 31/03 2000
	– ampliamento per studenti senza obbligo di frequenza	02/04 - 13/05 2000
	– per tutti gli studenti	15/05 - 31/07 2000
II sessione:	– per tutti gli studenti	01/09 - 04/11 2000
	– ampliamento per studenti senza obbligo di frequenza	06/11 - 18/12 2000
III sessione:	– per tutti gli studenti	07/01 - 31/03 2001

N.B. Fermo restando l'obbligo, a termini di Regolamento Didattico, di fissare almeno due appelli aperti a tutti gli studenti in ciascuna sessione, il Consiglio di Facoltà, accogliendo la proposta della Commissione per la didattica, invita i docenti a fissare almeno tre appelli nella sessione d'esami immediatamente seguente alla chiusura degli Insegnamenti. Negli ampliamenti di sessione è facoltà del singolo docente di fissare appelli riservati.

**PERIODI DIDATTICI E DI ESAME
INTRODOTTI IN VIA SPERIMENTALE PER L'A.A. 1999/2000
LIMITATAMENTE AL PRIMO ANNO
CORSI DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRICA (2145),
ELETTRONICA (2146), INFORMATICA (2148)
e DELLE TELECOMUNICAZIONI (2143)**

Il I e II ciclo vengono suddivisi in due periodi ciascuno (rispettivamente indicati come bimestri B1 e B2, e bimestri B3 e B4) al termine dei quali vengono introdotti periodi di valutazione in modo da garantire non meno di cinque appelli nel rispetto del principio della non sovrapposizione fra esami e lezioni:

B1: 20.09 - 6.11 1999

valutazione prove in itinere: 8.11 - 20. 11. 1999

appelli: 13.12 - 23.12. 1999

B2: 22.11 1999 - 29.01. 2000

valutazione: 31.01 - 19.02. 2000

B3: 21.02 - 15.04. 2000

valutazione: 17.04 - 06.05 2000 (riservata ai Moduli impartiti in B2 e B3)

B4: 08.05 - 24.06. 2000

valutazione: 26.06 - 31.07. 2000

valutazione: 01.09 - 23.09. 2000

valutazione: 08.11 - 20.11. 2000 (riservata ai Moduli impartiti in B3 e B4)

valutazione: 31.01. 2000 - 19.02. 2001

Per i Corsi di laurea che hanno programmato per tutti i Moduli didattici prove in itinere all'interno dei bimestri, il termine dell'attività didattica assistita viene esteso in modo da ottenere una durata di ciascun modulo pari a 56 ore.

CALENDARIO DEGLI ESAMI DI LAUREA

Anno accademico 1998/1999:

II sessione: 30 ottobre 1999 e 3 dicembre 1999

III sessione: 16 febbraio 2000 e 17 marzo 2000

Anno accademico 1999/2000:

I sessione: 16 giugno 2000 e 12 luglio 2000

II sessione: 27 ottobre 2000 e 6 dicembre 2000

III sessione: 14 febbraio 2001 e 16 marzo 2001

N.B. 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 almeno venti giorni prima della data fissata per l'esame di laurea.

La domanda per l'esame di laurea va presentata ad ogni sessione che si intende utilizzare a tal fine.

Per essere ammesso all'esame di laurea, lo studente dovrà aver seguito gli Insegnamenti e superato gli esami relativi ad un minimo di 28 annualità per i Corsi di laurea in Ingegneria Chimica, delle Telecomunicazioni, Gestionale, Elettrica, Elettronica, Informatica, per l'Ambiente e il Territorio. Per i restanti Corsi di laurea (come pure per tutti gli studenti appartenenti al vecchio ordinamento, a qualsiasi Corso di laurea siano iscritti) il numero di esami è relativo ad almeno 29 annualità.

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

STRUTTURE DIDATTICO-SCIENTIFICHE ED INSEGNAMENTI AD ESSE AFFERENTI

D.A.P.T.

(DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA E PIANIFICAZIONE TERRITORIALE)

- Architettura e composizione architettonica
- Architettura e composizione architettonica II
- Architettura tecnica (02)
- Architettura tecnica I
- Architettura tecnica II
- Caratteri distributivi e costruttivi degli edifici
- Composizione e progettazione urbana
- Disegno
- Disegno II
- Economia regionale
- Estimo
- Ingegneria del territorio
- Organizzazione del cantiere
- Pianificazione territoriale
- Progettazione per l'edilizia industrializzata
- Progetti per la ristrutturazione e il risanamento edilizio
- Storia dell'architettura
- Storia dell'architettura e dell'urbanistica
- Tecnica urbanistica
- Tecnica urbanistica I
- Tecnica urbanistica II
- Tecniche di analisi urbane e territoriali
- Teoria e tecniche della progettazione architettonica

D.E.I.S.

(DIPARTIMENTO DI ELETTRONICA, INFORMATICA E SISTEMISTICA)

- Affidabilità e diagnostica di componenti e circuiti elettronici
- Algoritmi di ottimizzazione
- Architettura dei sistemi integrati
- Automazione e organizzazione sanitaria
- Automazione industriale
- Bioingegneria
- Bioingegneria I
- Bioingegneria II
- Bioingegneria III
- Calcolatori elettronici I

Calcolatori elettronici II
Campi elettromagnetici
Circuiti a microonde e a onde millimetriche
Comunicazioni elettriche
Controlli automatici
Controlli automatici I
Controlli automatici II
Controllo dei processi
Elaborazione di dati e segnali biomedici
Elaborazione ottica dei segnali
Elettronica applicata
Elettronica applicata I
Elettronica applicata II
Elettronica applicata III
Elettronica dei sistemi digitali
Elettronica dello stato solido
Elettronica industriale
Elettronica nucleare
Fondamenti di informatica
Fondamenti di informatica I
Fondamenti di informatica II
Ingegneria del software
Intelligenza artificiale
Linguaggi e traduttori
Microelettronica
Microonde
Progettazione automatica dei circuiti elettronici
Propagazione
Reti di calcolatori
Reti di telecomunicazione
Reti logiche
Ricerca operativa
Robotica industriale
Sistemi di commutazione
Sistemi di elaborazione
Sistemi di telecomunicazione
Sistemi informativi I
Sistemi informativi II
Strumentazione biomedica
Strumentazione e misure elettroniche
Tecnologie dei sistemi di controllo
Teoria dei circuiti
Teoria dei sistemi
Teoria dei sistemi e del controllo

D.I.C.A.S.M.**(DIPARTIMENTO DI CHIMICA APPLICATA E SCIENZA DEI MATERIALI)**

Analisi strumentale e controllo dei materiali
 Biochimica industriale
 Chimica
 Chimica fisica dei materiali solidi
 Chimica organica
 Materiali polimerici
 Scienza dei materiali
 Scienza e tecnologia dei materiali ceramici
 Scienza e tecnologia dei materiali elettrici
 Tecnologia dei materiali e chimica applicata
 Tecnologie di chimica applicata

D.I.C.M.A.**(DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA, MINERARIA E DELLE TECNOLOGIE AMBIENTALI)**

Analisi di sicurezza nell'industria di processo
 Arte mineraria
 Cave e recupero ambientale
 Chimica industriale
 Dinamica e controllo dei processi chimici
 Elementi di ecologia (sem)
 Elementi di termodinamica dell'Ingegneria chimica (sem)
 Fondamenti di chimica industriale (sem)
 Geologia
 Geologia applicata
 Geostatistica applicata
 Giacimenti minerari
 Idrogeologia applicata
 Impianti biochimici
 Impianti chimici I
 Impianti chimici II
 Impianti dell'industria alimentare
 Impianti minerari
 Ingegneria chimica ambientale
 Ingegneria degli scavi
 Ingegneria delle materie prime
 Ingegneria dei giacimenti di idrocarburi
 Meccanica dei fluidi nel sottosuolo
 Meccanica delle rocce
 Misure e controlli nei giacimenti di idrocarburi
 Principi di ingegneria chimica ambientale
 Principi di ingegneria chimica I
 Principi di ingegneria chimica II

Processi biotecnologici ambientali
 Produzione e trasporto degli idrocarburi
 Proprietà termodinamiche e di trasporto
 Tecnica dei sondaggi
 Tecnica della sicurezza ambientale
 Tecnologie di chimica applicata (sem)
 Teoria e sviluppo dei processi chimici
 Termodinamica dell'ingegneria chimica

c/o Facoltà di Chimica Industriale

Processi e impianti industriali chimici I
 Laboratorio di processi e impianti industriali chimici (corso A)
 Laboratorio di processi e impianti industriali chimici (corso B)

c/o Corso di laurea in Scienze ambientali

Metodi e tecniche del disinquinamento

D.I.E.

(DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA)

Affidabilità e controllo di qualità
 Affidabilità e diagnostica dei sistemi elettrici
 Azionamenti elettrici
 Compatibilità elettromagnetica industriale
 Componenti e tecnologie elettriche
 Conversione statica dell'energia
 Economia applicata all'Ingegneria
 Economia ed organizzazione aziendale ("informaz." A-K)
 Elettrotecnica (per i Corsi di laurea diversi da "Ingegneria elettrica")
 Elettrotecnica II
 Impianti di produzione dell'energia elettrica
 Impianti elettrici
 Macchine elettriche
 Magnetofluidodinamica applicata
 Metodologie di progettazione di macchine elettriche
 Misure e collaudo di macchine e impianti elettrici
 Misure elettriche
 Misure elettroniche
 Modellistica dei sistemi elettromeccanici
 Modellistica e ingegneria dei materiali elettrici
 Principi di ingegneria elettrica I
 Principi di ingegneria elettrica II
 Sensori e trasduttori
 Sistemi elettrici per l'energia
 Strumentazione elettronica di misura
 Tecnica delle alte tensioni

D.I.E.M.

(DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE, NUCLEARI, AERONAUTICHE E DI METALLURGIA)

Analisi sperimentale delle tensioni
 Complementi di costruzione di macchine
 Costruzione di macchine
 Costruzione di macchine automatiche e robot
 Costruzione di macchine II
 Dinamica e controllo delle macchine
 Disegno
 Disegno di macchine
 Disegno tecnico industriale
 Impianti industriali
 Impianti meccanici
 Impianti nucleari
 Impianti speciali
 Interazione fra le macchine e l'ambiente
 Macchine
 Macchine I
 Macchine II
 Macchine utensili
 Meccanica applicata alle macchine
 Meccanica applicata alle macchine e macchine
 Meccanica dei robot
 Meccanica delle vibrazioni
 Metodi matematici per i reattori nucleari
 Misure meccaniche e termiche
 Organizzazione della produzione
 Progetti di macchine
 Progetti e costruzioni nucleari
 Servizi generali di impianto
 Strumentazione industriale
 Tecnologia meccanica
 Tecnologie generali dei materiali
 Turbomacchine

D.I.E.N.C.A.

(DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ENERGETICA, NUCLEARE E DI CONTROLLO AMBIENTALE)

Acustica applicata
 Elementi di fisica dei reattori a fissione e a fusione
 Energetica
 Energetica e sistemi nucleari
 Fisica nucleare
 Fisica tecnica

Fisica tecnica ambientale
Fondamenti di informatica
Gestione dell'energia
Impianti tecnici
Localizzazione degli impianti energetici
Misura delle radiazioni e protezione
Neutronica applicata
Reattori nucleari avanzati
Sicurezza e analisi di rischio
Tecnica del controllo ambientale
Tecnologia dei materiali nucleari
Tecnologie e applicazioni nucleari
Termofluidodinamica applicata
Termotecnica del reattore
Trasporto di particelle e di radiazioni

D.I.S.T.A.R.T.

(DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELLE STRUTTURE, DEI TRASPORTI, DELLE ACQUE, DEL RILEVAMENTO, DEL TERRITORIO)

Acquedotti e fognature
Aerodinamica
Consolidamento dei terreni
Costruzioni di ponti
Costruzioni di strade, ferrovie e aeroporti
Costruzioni di strade, ferrovie e aeroporti II
Costruzioni idrauliche
Costruzioni in acciaio
Costruzioni in zona sismica
Costruzioni marittime
Dinamica delle strutture
Fotogrammeria
Geofisica applicata
Geologia
Geologia applicata
Geotecnica
Gestione delle risorse idriche
Idraulica
Idrologia tecnica
Idrologia tecnica II
Impianti speciali idraulici
Infrastrutture varie
Ingegneria sanitaria ambientale
ingegneria sanitaria ambientale II
Meccanica computazionale delle strutture
Meccanica dei fluidi

Misure e controlli idraulici
 Misure e modelli idraulici
 Modellistica idraulica
 Pianificazione dei trasporti
 Progettazione di sistemi di trasporto
 Protezione idraulica del territorio
 Scienza delle costruzioni
 Scienza delle costruzioni II
 Sistemi di trazione
 Sperimentazione dei materiali e delle strutture
 Strutture di fondazione
 Strutture speciali
 Tecnica dei lavori idraulici
 Tecnica dei lavori stradali, ferroviari e aeroportuali
 Tecnica delle costruzioni
 Tecnica delle costruzioni II
 Tecnica ed economia dei trasporti
 Teoria e tecnica della circolazione
 Terminali e impianti di trasporto
 Topografia
 Topografia II

DIPARTIMENTO DI FISICA

Fisica generale I
 Fisica generale II

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA

Analisi matematica I
 Analisi matematica II
 Analisi matematica III
 Analisi numerica
 Geometria e algebra
 Meccanica razionale
 Metodi matematici dei reattori nucleari
 Metodi numerici per i reattori nucleari

C.I.E.G.

(CENTRO STUDI DI INGEGNERIA ECONOMICO GESTIONALE)

Economia applicata all'ingegneria
 Economia ed organizzazione aziendale
 Economia politica
 Gestione aziendale
 Gestione dell'innovazione e dei progetti
 Istituzioni di economia politica
 Sistemi di controllo di gestione
 Sistemi organizzativi

BIBLIOTECA CENTRALE DELLA FACOLTÀ "G.P. Dore"

viale Risorgimento, 2 - 40136 Bologna

direttore: prof. ing. Pier Paolo Diotallevi

distribuzione: C. Ancona, F. Giagnoni, S. Sabbioni

tel. 051-209.3944

bibliotecari:

M.P. Torricelli

tel. 051-209.3929

M. Zani

tel. 051-209.3601

G. Semenzato

tel. 051-209.3943

segreteria:

R. Salbego

tel. 051-209.3937

A. Verardi Luppi

tel. 051-209.3936

fax:

051-209.3942

home page: <http://www.ing.unibo.it/Biblioteche/dore/index.htm>

e-mail: torricelli@opac.cib.unibo.it

zani@opac.cib.unibo.it

luppi@opac.cib.unibo.it

La Biblioteca Centrale della Facoltà di Ingegneria è una struttura di antica fondazione: il primo nucleo del suo patrimonio risale, infatti, alla Biblioteca della Scuola d'Applicazione per ingegneri fondata a Bologna nel 1877.

Attualmente la Biblioteca risponde prevalentemente alle esigenze della didattica e della documentazione.

ORARI

<p>Sala Consultazione Emeroteca Saletta Terminali Saletta Cd-Rom</p>	<p>lunedì - venerdì: h. 8,30 - h. 18,30</p>
<p>Consegna libri dal deposito Prestito</p>	<p>lunedì - venerdì: h. 10 h.12 h.14,30 h.16,30 lunedì - mercoledì: h.11-14 giovedì: h.14-17 venerdì: h.11-14</p>

MATERIALI CONSULTABILI IN BIBLIOTECA

- SALA DI CONSULTAZIONE:
 - il catalogo per autori e titoli
 - il catalogo per soggetto
 - i testi di consultazione generale: dizionari, enciclopedie, ecc.
 - le monografie di più recente acquisizione, i testi consigliati in programma d'esame o comunque di più frequente consultazione.

- EMEROTECA (l'utente dell'emeroteca deve iscriversi al servizio):
 - tutte le riviste a cura dell'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) sino al 1994 compreso, data nella quale il formato cartaceo è stato sostituito con quello in CD-Rom;
 - l'annata in corso più due anni pregressi dei periodici correnti della Biblioteca; esclusa la Gazzetta Ufficiale conservata in distribuzione.

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

- VOLUMI ANTICHI O PREZIOSI (consultazione per appuntamento)

- NORMATIVA TECNICA (edizione cartacea)
 - UNI - UNI EN - UNI ISO - CEI

- NORMATIVA TECNICA (edizione in cd-rom)

- STANDARDS WORLDWIDE STANDARDS SERVICE PLUS, comprendente:
 - World Standards Index Plus
 - data-base di spoglio relativo a oltre 60 enti normatori di tutto il mondo.
 - il testo completo delle seguenti raccolte di norme:
 - ASTM Standards Source-Archivio completo della normativa corrente ASTM
 - ISO-International standardization Organization (raccolta completa)
 - DIN - Deutsches Institut für Normung (archivio completo delle norme tradotte in lingua inglese)
 - EUROFILE - European Harmonized Standards Service, CEN, CENELEC, ECC
 - SAE - Society of Automotive Engineers (archivio completo)
 - (consultazione per appuntamento)

- IEL- IEEE/IEE ELECTRONIC LIBRARY
 - edizione in cd-rom di tutte le pubblicazioni dell'Institute of Electrical and Electronics Engineers e dell'Institution of Electrical Engineers
 - (consultazione per appuntamento)

SERVIZI

- servizio di prestito locale
- fornitura di documenti in fotocopia ad altre biblioteche (servizio a pagamento)
- ricerca di documenti presso altre biblioteche italiane e presso la British Library di Londra (servizio a pagamento), per docenti e studenti della Facoltà
- richiesta documenti in originale in prestito dalla British Library di Londra (servizio a pagamento)
- consulenza per ricerche bibliografiche in banche dati in cd-rom oppure on line (per appuntamento, particolarmente utile per i laureandi):
- EI COMPENDEX PLUS (ingegneria);
- INSPEC (elettronica);
- SCIENCE CITATION INDEX
(scienza e tecnica importante per la valutazione dell'impact factor);
- URBADISC (architettura e urbanistica);
- ALICE CD (scienza e tecnica, libri italiani);
- consultazioni INTERNET con finalità di ricerche bibliografico-documentarie:
per appuntamento;
- seminari informativi sulle risorse bibliografiche INTERNET;
- riproduzione materiali protetti.

ELENCO DEGLI INSEGNAMENTI DELLA FACOLTÀ

Legenda:

– i numeri fra parentesi identificano il Corso di laurea:

21(40) – ingegneria edile

21(41) – ingegneria chimica

21(42) – ingegneria civile

21(43) – ingegneria delle telecomunicazioni

21(45) – ingegneria elettrica

21(46) – ingegneria elettronica

21(47) – ingegneria gestionale

21(48) – ingegneria informatica

21(49) – ingegneria meccanica

21(50) – ingegneria nucleare

21(51) – ingegneria per l'ambiente e il territorio

– “**informaz.**” si riferisce al settore dell'ingegneria dell'Informazione: corsi di laurea in ingegneria elettronica, ingegneria informatica e ingegneria delle telecomunicazioni;

– “**av.**”: insegnamento avanzato; “**int.**”: insegnamento integrato; “**sem.**”: insegnamento semestrale.

Insegnamento	docente	<i>pagina</i>
acquadotti e fognature (sem.) (51)	S. Pilati	382
acustica applicata (40)	M. Garai	231
aerodinamica (42) (49)	G. Scarpi	302
affidabilità e controllo della qualità (47)	M. Rinaldi	433
affidabilità e diagnostica dei sistemi elettrici (45)	G.C. Montanari	263
affidabilità e diagnostica di componenti e di circuiti elettronici (46)	B. Riccò	460
analisi di sicurezza nell'industria di processo (41) (51)	G. Spadoni	114
analisi matematica I (40) (42)	C. Ravaglia	157
analisi matematica I (47)	G. Dore	434
analisi matematica I (49)	E. Obrecht	302
analisi matematica I (45) (50) (51)	G. Dore	
analisi matematica I A (43) (45)	A. Parmeggiani	
analisi matematica I A (46)	S. Matarasso	461
analisi matematica I A (48)	M. Cicognani	
analisi matematica II (40) (42)	P.L. Papini	157
analisi matematica II (47)	E. Obrecht	303

Insegnamento	docente	pagina
analisi matematica II (49)	D. Guidetti	
analisi matematica II (41) (50) (51)	G. Citti	
analisi matematica II (43) (46)	S. Abenda	
analisi matematica II (45) (48)	C. Pontini	
analisi matematica III (informaz.)	G.C. Barozzi	465
analisi numerica (43) (46)	F. Sgallari	466
analisi sperimentale delle tensioni (46) (49)	A. Freddi	304
analisi strumentale e controllo dei materiali (sem.) (51)	G. Timellini	383
architettura dei sistemi integrati (46) (48)	R. Guerrieri	468
architettura e composizione architettonica I (42) (40)	G. Braghieri	233
architettura e composizione architettonica II (40)	G. Praderio	235
architettura tecnica (42)	C. Comani	157
architettura tecnica I (40)	A. Barozzi	235
architettura tecnica II (40)	M. Rinaldi Biolcati	237
arte mineraria (51)	P. Berry	384
automazione ed organizzazione sanitaria (46)	C. Lamberti	469
automazione industriale (45)	G. Basile	264
automazione industriale (46) (47) (48)	C. Amanti	470
azionamenti elettrici (49) (50)	F. Profumo	304
azionamenti elettrici (45)	D. Casadei	265
biochimica industriale (41) (51)	F. Fava	115
bioingegneria I (46)	G. Gnudi	471
bioingegneria II (46)	A. Cappello	473
bioingegneria III (46)	M. Ursino	475
	S. Cavalcanti	475
calcolatori elettronici I (informaz. A-K)	G. Neri	476
calcolatori elettronici I (informaz. L-Z)	T. Salmon Cinotti	476
calcolatori elettronici II (informaz.)	M. Boari	477
calcolo numerico e programmazione (42)	F. Sgallari	158
campi elettromagnetici (informaz. A-K, I modulo)	P. Bassi	478
campi elettromagnetici (informaz. A-K, II modulo)	A. Lipparini	478
campi elettromagnetici (informaz. L-Z)	V. Rizzoli	478
caratteri costruttivi e distributivi degli edifici (42)	G. Giacobazzi	159
caratteri costruttivi e distributivi degli edifici (40)	A.C. Dell'acqua	238
cave e recupero ambientale (51)	P. Berry	386
chimica (40)	G. Milani	239
chimica (41)	C. Berti	117
chimica (42, 49 P-Z, 50)	G. Milani	306
chimica A	A. De Salvo	481
chimica (informaz. A-D) (45)	F. Zignani	479
chimica (informaz. E-O)	M. Toselli	479
chimica (informaz. P-Z)	A. Desalvo	479
chimica (47)	M. Fiorini	161

Insegnamento	docente	<i>pagina</i>
chimica (49 A-O)	A. Munari	306
chimica (51)	C. Berti	387
chimica e tecnol. della catalisi (cinetica chimica applicata) (41)	A. Vaccari	119
chimica fisica dei materiali solidi (46)	R. Colle	482
chimica fisica dei materiali solidi (50)	D. Nobili	353
chimica industriale (41) (51)	C. Stramigioli	119
chimica organica (41) (51)	L. Marchetti	121
circuiti a microonde e a onde millimetriche (43)	A. Lipparini	484
compatibilità elettromagnetica industriale (45) (50)	I. Montanari	267
componenti e tecnologie elettriche (45)	G.C. Montanari	267
composizione e progettazione urbana (40)	C. Porrino	241
comunicazioni elettriche (47)	R. Verdone	434
comunicazioni elettriche (informaz. A-K)	L. Calandrino	485
comunicazioni elettriche (informaz. L-Z)	C. Caini	485
consolidamento dei terreni (42) (51)	G. Gottardi	161
controlli automatici (43 A-K) (46 A-K)	E. Sarti	486
controlli automatici (43 L-Z) (46 L-Z)	G. Capitani	486
controlli automatici (45)	G. Marro	268
controlli automatici (47)	U. Soverini	435
controlli automatici (49)	G. Bertoni	308
controlli automatici I (48)	A. Tonielli	488
controlli automatici I (sem) (50)	E. Penati	354
controlli automatici II (informaz.)	P. Castaldi	489
controlli automatici II (sem) (50)	E. Penati	355
controllo dei processi (41) (46) (47) (48)	C. Bonivento	491
conversione statica dell'energia (sem.) (45)	G. Serra	269
costruzione di macchine (49)	G. Bartolozzi	309
costruzione di macchine (50)	S. Curioni	356
costruzione di macchine (sem.) (47)	E. Dragoni	437
costruzione di macchine automatiche e robot (49)	G. Vassura	310
costruzione di macchine II (49)	P.G. Molari	311
costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti (42) (51)	A. Bucchi	162
costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti II (42)	G. Dondi	164
costruzioni idrauliche (42) (51)	A. Brath	166
costruzioni in zona sismica (42)	P.P. Diotallevi	168
costruzioni marittime (42)	A. Lamberti	169
costruzioni in zona sismica + ingegneria del territorio (int.) (42)	P.P. Diotallevi + + G. Salizzoni	168
dinamica delle strutture (42)	E. Viola	170
dinamica e controllo dei processi chimici (41)	G. Pasquali	122
dinamica e controllo delle macchine (49)	P. Pelloni	312
diritto dell'ambiente (sem.) (51)	D. Bortolotti	391

Insegnamento	docente	pagina
disegno (42) (51)	O. Marinoni	172
disegno (40)	F.I. Apollonio	241
disegno dell'architettura (40)	R. Mingucci	242
disegno di macchine (49)	F. Persiani	312
disegno II (40) (42)	R. Mingucci	173
disegno tecnico industriale (50) (51)	G. Caligiana	
disegno tecnico industriale (49)	L. Piancastelli	314
economia applicata all'ingegneria (45)	N. Luciani	271
economia ed organizzazione aziendale (49) (50)	A. Zanoni	316
economia ed organizzazione aziendale (41) (51)	M. Sobrero	124
economia ed organizzazione aziendale (informaz. A-K)	M. Longo	494
economia ed organizzazione aziendale (informaz. L-Z)	A. Grandi	493
economia politica (47) (51)	A. Romagnoli	438
economia regionale (40)	P. Secondini	242
elaborazione di dati e segnali biomedici (46)	M. Ursino	495
elaborazione ottica dei segnali (46) (43)	P. Bassi	497
elementi di ecologia (sem) (51)	A.L. Zanotti	392
elementi di termodinamica dell'ingegneria chimica (sem.) (41)	S. Bandini	123
elettronica (45)	V.A. Monaco	272
elettronica (47)	M. Rudan	
elettronica applicata I (47) (49) (50)	E.F. Scarselli	317
elettronica applicata I (informaz. A-K)	S. Graffi	499
elettronica applicata I (informaz. L-Z)	P.U. Calzolari	499
elettronica applicata II (informaz. A-K)	B. Riccò	500
elettronica applicata II (informaz. L-Z)	G. Masetti	500
elettronica applicata II (47) (49) (50)	E.F. Scarselli	318
elettronica dei sistemi digitali (43) (46) (48)	G. Baccarani	502
elettronica delle telecomunicazioni (43) (46)	V.A. Monaco	503
elettronica dello stato solido (43) (46)	M. Rudan	504
elettronica industriale (43) (45) (46) (48)	F. Filicori	273
elettrotecnica (41)	M.L. Ambrosini	125
elettrotecnica (47)	F. Negrini	439
elettrotecnica (49)	R. Sacchetti	319
elettrotecnica (50)	F. Negrini	357
elettrotecnica A (informaz.)	F. Filippetti	506
	C.A. Borghi	506
	M. Martelli	506
elettrotecnica (informaz. A-D)	F. Filippetti	506
elettrotecnica (informaz. E-O)	C.A. Borghi	506
elettrotecnica (informaz. P-Z)	M. Martelli	506
elettrotecnica (sem) (42, A-K) (51, A-K)	F. Filippetti	175
elettrotecnica (sem) (42, L-Z) (51, L-Z)	R. Miglio	175

Insegnamento	docente	pagina
elettrotecnica II (sem) (42) (51)	F. Filippetti	393
energetica e sistemi nucleari (50)	M. Spiga	360
estimo (sem) (40) (42) (47)	A. Corlaita	176
finanza aziendale (47)	S. Sandri	441
fisica generale I (41) (51)	A. Zoccoli	126
fisica generale I (40)	I. Massa	243
fisica generale I ME (informaz.)	A. Uguzzoni	507
fisica generale I (informaz. e 47, A-D) (45)	A. Bertin	508
fisica generale I (informaz. e 47, E-O)	A. Uguzzoni	510
fisica generale I (informaz. e 47, P-Z)	E. Verondini	510
fisica generale I (49 A-O)	A. Vitale	320
fisica generale I (49 P-Z) (42) (50)	S. De Castro	179
fisica generale II (42) (40)	M. Bruno	180
fisica generale II (informaz. e 47, A-D) (45)	G. Vannini	511
fisica generale II (informaz. e 47, E-O)	F. Malaguti	511
fisica generale II (informaz. e 47, P-Z) (41)	A. Gandolfi	127
fisica generale II (49 A-O)	M. Capponi	320
fisica generale II (49 P-Z) (50) (51)	A. Gandolfi	320
fisica nucleare (50)	M. Sumini	361
fisica tecnica (45) (50)	E. Zanchini	274
fisica tecnica (40)	A. Vaccari	275
fisica tecnica (informaz. A-D)	V. Tarabusi	512
fisica tecnica (informaz. E-O)	A. Barletta	512
fisica tecnica (informaz. P-Z)	A. Dumas	512
fisica tecnica (49)	S. Salvigni	321
fisica tecnica (sem) (42)	A. Vaccari	181
fisica tecnica (sem) (47)	E. Lorenzini	442
fisica tecnica ambientale (sem) (51)	M. Garai	394
fondamenti di chimica industriale (41)	F. Trifirò	128
fondamenti di fisica del reattore a fissione e a fusione (50)	V. Molinari	361
fondamenti di informatica (42) (40)	M. Favalli	183
fondamenti di informatica (45)	L. Ambrosini	
	Guaccimanni	276
fondamenti di informatica (47)	M.R. Scalas	443
fondamenti di informatica (49 A-O)	A. Ciampolini	322
fondamenti di informatica (49 P-Z) (41)	J.E. Fernandez	322
fondamenti di informatica (50) (51)	F. Tesi	396
fondamenti di informatica A (informaz.)	A. Natali	513
	A. Omicini	513
	E. Denti	513
fondamenti di informatica I (informaz. A-D)	A. Natali	515
fondamenti di informatica I (informaz. E-O)	M.R. Scalas	515
fondamenti di informatica I (informaz. P-Z)	E. Lamma	515

Insegnamento	docente	pagina
fondamenti di informatica II (informaz. A-K)	A. Corradi	516
fondamenti di informatica II (informaz. L-Z)	G. Bellavia	516
fondamenti di infrastrutture varie (42)	G. Marchi	184
fondamenti e metodi della progettazione industriale (41)	V. Dal Re	129
fotogrammetria (42) (51)	G. Bitelli	185
geofisica applicata (51)	G. Santarato	397
geologia (sem.) (42)	G.C. Carloni	186
geologia (51, indirizzi 2, 3, 4)	P. Curzi	398
geologia applicata (51, indirizzi 1 e 5)	G.C. Carloni	399
geometria e algebra (41) (51)	P. Frosini	132
geometria e algebra (40)	G. Parigi	246
geometria e algebra A (informaz.)	M. Ferri	517
geometria e algebra(informaz. e 47, A-D) (45)	M. Ferri	518
geometria e algebra(informaz. e 47, E-O)	L. Gilotti	518
geometria e algebra (informaz. e 47, P-Z)	L. Pezzoli	518
geometria e algebra (49 A-O)	F. Bonetti	323
geometria e algebra (49 P-Z) (42) (50)	L. Gualandri	323
geostatistica applicata (51) (sem)	R. Bruno	400
geotecnica (42) (40) (51)	P.V. Righi	187
gestione aziendale (47) (48)	A. Zanoni	444
gestione degli impianti industriali (47)	A. Pareschi	445
gestione dell'energia (47)	E. Lorenzini	446
gestione delle risorse idriche (sem) (42) (51)	E. Todini	189
gestione dell'innovazione e dei progetti (41) (47)	A. Grandi	448
giacimenti minerali (51)	R. Bruno	402
identificazione dei modelli e analisi dei dati (43) (48) (46)	R. Guidorzi	520
idraulica (40) (51)	G.L. Bragadin	246
idraulica (42)	A. Rubatta	189
idrogeologia applicata (sem) (41) (51)	F. Ciancabilla	403
idrologia (42) (51)	E. Todini	190
idrologia II (sem) (42) (40)	S. Pilati	191
impianti biochimici (41)	C. Gostoli	133
impianti biochimici ambientali (41)	M. Nocentini	134
impianti chimici I (41)	U. Lelli	134
impianti chimici II (41)	G. Camera Roda	135
impianti dell'industria alimentare (41)	G. Camera Roda	137
impianti di produzione dell'energia elettrica (45)	C.A. Nucci	277
impianti elettrici (45) (47)	G. Pattini	279
impianti industriali (46) (47) (49)	A. Pareschi	324
impianti meccanici (49)	Sergio Fabbri	325
impianti minerali (51)	Sante Fabbri	404
impianti nucleari (50)	E. Sobrero	362
impianti speciali (49)	M. Gentilini	326

Insegnamento	docente	pagina
impianti speciali idraulici (42)	A. Marinelli	192
impianti tecnici (42) (40)	A. Cocchi	192
ingegneria chimica ambientale (41) (51)	G. Pasquali	138
ingegneria degli scavi (51)	Sante Fabbri	405
ingegneria dei giacimenti di idrocarburi (51)	G.L. Chierici	406
ingegneria del territorio (40) (51)	G. Salizzoni	247
ingegneria del software (48)	E. Lamma	521
ingegneria delle materie prime (47) (49) (51)	F. Ciancabilla	408
ingegneria e tecnologie dei sistemi di controllo (46) (48)	A. Tonielli	522
ingegneria sanitaria ambientale (42) (51)	M. Mancini	194
ingegneria sanitaria ambientale II (11)	G.L. Bragadin	409
intelligenza artificiale (46) (48)	P. Mello	524
interazione fra le macchine e l'ambiente (47) (49) (51)	A. Gambarotta	410
istituzioni di economia (sem.) (42)	A. Romagnoli	194
legislazione delle opere pubbliche e dell'edilizia (42)	M. Bernardini	
linguaggi e traduttori (46) (48)	A. Natali	525
localizzazione dei sistemi energetici I (sem) e II (sem) (50)	P. Vestrucci	363
logistica industriale (41) (47) (49)	A. Pareschi	326
macchine (41)	P. Pelloni	139
macchine (45)	A. Peretto	365
macchine (50)	G. Negri Di Montenegro	
macchine (sem.) (51)	A. Peretto	411
macchine (sem.) (42) (47)	G. Cantore	195
macchine elettriche (45)	G. Serra	281
macchine I (49)	G. Negri Di Montenegro	328
macchine II (49)	G. Minelli	328
macchine II (sem.) (42)	G. Naldi	196
macchine utensili (49)	O. Zurla	329
magnetofluidodinamica applicata (45) (50)	C.A. Borghi	282
materiali per l'ingegneria elettrica (45)	E. Goracci	283
materiali polimerici (41)	A. Saccani	141
meccanica applicata alle macchine (45)	A. Maggiore	284
meccanica applicata alle macchine (46) (48)	V. Parenti Castelli	526
meccanica applicata alle macchine (47)	G. Dalpiaz	450
meccanica applicata alle macchine (49)	U. Meneghetti	330
meccanica applicata alle macchine (50)	A. Maggiore	366
meccanica computazionale delle strutture (42)	A.A. Cannarozzi	197
meccanica dei fluidi (49)	A. Lamberti	331
meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem) (41) (51)	G. Brighenti	413
meccanica dei robot (49)	V. Parenti Castelli	333
meccanica delle rocce (42) (51)	A. Paretini	414

Insegnamento	docente	pagina
meccanica delle vibrazioni (49)	U. Meneghetti	334
meccanica razionale (42) (40)	T.A. Ruggeri	199
meccanica razionale(informaz. e 47,A-D) (45)	P.P. Abbati Marescotti	528
meccanica razionale (informaz. e 47, E-O)	B. Lazzari	528
meccanica razionale (informaz. e 47, P-Z) (41)	A. Muracchini	528
meccanica razionale (49 A-S)	B. Lazzari	335
meccanica razionale (49 T-Z) (50) (51)	M. Fabrizio	335
metodi e modelli per il supporto alle decisioni (47)	D. Vigo	
metodi matematici per i reattori nucleari (50)	T. Trombetti	367
metodi numerici per i reattori nucleari (50)	V. Colombo	368
metodologie di progettazione di macchine elettriche (05)	A. Grande	286
microbiologia ambientale (41)	F. Fava	142
microelettronica (informaz.)	M. Rudan	529
microonde (43) (46)	A. Costanzo	531
mineralogia e litologia (51)	M. Del Monte	416
misura delle radiazioni e protezione (50)	P. Amadesi	370
misure e collaudo di macchine e impianti elettrici (45)	R. Sasdelli	288
misure e controlli idraulici (42)	I. Daprà	200
misure e controlli nei giacimenti di idrocarburi (51)	E. Mesini	417
misure elettriche (45)	A. Burchiani	287
misure elettroniche (informaz. A-D)	E. Menchetti	
misure elettroniche (informaz., E-K)	M. Rinaldi	532
misure elettroniche (informaz. L-Z)	D. Mirri	534
misure meccaniche, termiche e collaudi (49)	P. Pelloni	337
modellistica dei sistemi elettromeccanici. (45)	G. Tani	289
modellistica dei sistemi elettromeccanici. (46) (48)	D. Casadei	535
modellistica e controllo dei sistemi ambientali (51)	R. Guidorzi	418
modellistica e ingegneria dei materiali elettrici (45)	L. Simoni	290
modellistica idraulica (42)	V. Di Federico	201
neutronica applicata (50)	M. Sumini	372
nozioni giuridiche fondamentali (42) (47)	M. Bernardini	201
organizzazione del cantiere (42) (40)	C. Comani	203
organizzazione della produzione e dei sistemi logistici (46) (47) (48) (49)	E. Sobrero	338
ottimizzazione combinatoria (43) (46) (47) (48)	P. Toth	537
pianificazione dei trasporti (42) (47)	R. Camus	204
pianificazione e gestione delle aree metropolitane (40)	G. Moretti	248
pianificazione territoriale (51)	G. Crocioni	419
politica economica (47)	N. Luciani	451
principi di ingegneria chimica ambientale (41) (47) (51)	F.P. Foraboschi	422
principi di ingegneria chimica I (41)	F. Santarelli	143
principi di ingegneria chimica II (41)	F.P. Foraboschi	145
principi di ingegneria elettrica I (45)	U. Reggiani	292

Insegnamento	docente	pagina
principi di ingegneria elettrica II (45) (47)	P. Ghigi	294
principi e metodologie della progettazione meccanica (49) (50)	A. Freddi	340
processi biotecnologici ambientali (51)	C. Gostoli	424
produzione e trasporto degli idrocarburi (51)	G. Gottardi	424
progettazione architettonica (40)		
progettazione degli elementi costruttivi (40)	F. Zerbini	
progetti di sistemi di trasporto (42) (49)	M. Matassa	205
progetti e costruzioni nucleari (50)	F. Cesari	373
progetti per la ristrutturazione e il risanamento edilizio (42) (40)		
propagazione (43) (46)	G. Cuppini	206
proprietà termodinamiche e di trasporto (41) (46)	G. Falciasecca	538
protezione idraulica del territorio (42) (51)	F. Doghieri	147
reattori nucleari avanzati (50)	A. Bizzarri	207
recupero e conservazione degli edifici (40)	F. Premuda	375
reti di calcolatori (43) (46) (48)		
reti di telecomunicazioni (43) (46) (47) (48)	A. Corradi	539
reti logiche A (informaz.)	G. Corazza	541
	R. Laschi	542
	E. Faldella	542
	L. Di Stefano	542
	R. Laschi	543
	E. Faldella	543
	D. Vigo	452
	S. Martello	544
	C. Melchiorri	545
	F. Sandrolini	148
	G. Poli	342
	G. Pascale	150
	A.A. Cannarozzi	208
	E. Viola	343
	A. DiLeo	454
	E. D'Anna	425
	E. D'Anna	210
	C. Palmonari	151
	A. Motori	295
	S. Pirani	296
	G. Coli	344
	C.M. Orlandelli	376
	C. Raffaelli	546
	D.M. Macrì	455
	M. Bergami	456
reti logiche (informaz. A-K)		
reti logiche (informaz. L-Z)		
ricerca operativa (47)		
ricerca operativa (informaz.)		
robotica industriale (46) (48)		
scienza dei materiali (41) (47) (49)		
scienza dei metalli (41) (49)		
scienza delle costruzioni (41) (45) (50)		
scienza delle costruzioni (42) (40)		
scienza delle costruzioni (49)		
scienza delle costruzioni (sem) (47)		
scienza delle costruzioni (51)		
scienza delle costruzioni II (42)		
scienza e tecnologia dei materiali ceramici (41)		
scienza e tecnologia dei materiali elettrici (45)		
sensori e trasduttori (informaz.) (45) (48) (46)		
servizi generali di impianto (47) (49)		
sicurezza e analisi di rischio (47) (50)		
sistemi di commutazione (43) (46)		
sistemi di controllo di gestione +		
sistemi organizzativi (int.) (47)		

Insegnamento	docente	pagina
sistemi di elaborazione (46) (48)	G. Neri	547
sistemi di telecomunicazione (43) (46)	O. Andrisano	548
sistemi di trazione (42) (49)	A. Micucci	345
sistemi elettrici per l'energia (45)	C.A. Nucci	297
sistemi informativi I (46) (47) (48) (43)	P. Tiberio	550
sistemi informativi II (46) (47) (48)	M.R. Scalas	550
sperimentazione dei materiali, dei modelli e delle strutture (sem) (42)	A. Di Leo	211
storia dell'architettura (40)	G. Gresleri	250
storia dell'architettura II (40)	G. Grasleri	251
studi di fabbricazione (47) (49)	G. Tani	
strumentazione biomedica (46) (41)	G. Avanzolini	551
strumentazione elettronica di misura (sem), (int) (45)	D. Mirri	300
costruzione di macchine (41)	V. Dal Re	
strumentazione e misure elettroniche (43) (46)	P. Olivo	553
strumentazione e automazione industriale (47) (49)	C. Saccani	346
strumentazione elettronica di misura (45)	A. Menchetti	
strutture di fondazione (sem.) (42) (51)	A. Benedetti	212
strutture speciali (sem) (42)	M. Majowiecki	213
studi di fabbricazione (49)	L. Tomesani	346
studi di fabbricazione (47)	A. Tani	
tecnica dei lavori idraulici (42)	S. Artina	214
tecnica dei lavori stradali, ferroviari ed aeroportuali (42)	A. Bucchi	215
tecnica dei sondaggi (51)	G. Brighenti	426
tecnica del controllo ambientale (42) (47) (11)	A. Cocchi	458
tecnica della sicurezza ambientale (sem.) (51)	G. Spadoni	428
tecnica delle alte tensioni (45)	G. Mazzanti	300
tecnica delle costruzioni (42)	C. Ceccoli	216
tecnica delle costruzioni (40)	P.P. Diotallevi	253
tecnica delle costruzioni (51)	R. Poluzzi	429
tecnica delle costruzioni II (42)	M. Merli	217
tecnica ed economia dei trasporti (42) (47) (49) (51)	A. Orlandi	218
tecnica urbanistica (42) (51)	A. Corlaita	219
tecnica urbanistica I (40, D, E, F)	C. Monti	255
tecnica urbanistica I (40, A, B, C)	G. Ronzani	254
tecnica urbanistica II (40) (42) (47)	G. Crocioni	221
tecniche di analisi urbane e territoriali (40) (51)	P. Secondini	258
tecnologia dei materiali e chimica applicata (40)	F. Sandrolini	259
tecnologia dei materiali e chimica applicata (42)	P. Colombo	222
tecnologia dei materiali nucleari (40)	D. Mostacci	378
tecnologia meccanica (49)	F. Soavi	349
tecnologie biologiche ambientali (41, int.)	F. Fava	
	M. Nocentini	

Insegnamento	docente	pagina
tecnologie e applicazioni nucleari (50)	F.G. Cesari	376
tecnologie di chimica applicata (49)	V. Passalacqua	348
tecnologie di chimica applicata (51)	G. Timellini	430
tecnologie generali dei materiali (47) (49)	D. Veschi	350
teoria dei sistemi (informaz.)	R. Guidorzi	554
teoria dello sviluppo dei processi chimici (41)	M. Nocentini	153
teoria e progetto dei ponti (42)	M. Merli	223
teoria e progetto delle costruzioni in acciaio (sem.) (42)	G. Matildi	224
teoria e tecnica della circolazione (42) (49)	G. Praitoni	225
teoria e tecniche della progettazione architettonica (40)	L. Gelsomino	260
terminali e impianti dei trasporti (42)	G. Foresti	227
termodinamica dell'ingegneria chimica (41)	G.C. Sarti	154
termotecnica del reattore (49) (50)	E. Lorenzini	380
topografia (40)	G. Lombardini	261
topografia (42)	V. Achilli	228
topografia (51)	M. Barbarella	432
topografia II (42)	M. Unguendoli	229
trasmissione numerica (43) (46)	G.E. Corazza	556
trasporto di particelle e di radiazione (50)	R. Scardovelli	381
turbomacchine (49)	P.R. Spina	351

Gli Insegnamenti dei Corsi di laurea in ingegneria Biomedica, ingegneria Aerospaziale, ingegneria Meccanica, tenuti presso le rispettive sedi decentrate di Cesena-Ferri-Ferri, sono riportati nella Guida dei Corsi di diploma universitario della Facoltà.

PROGRAMMI DELLE MATERIE DI INSEGNAMENTO

(41) CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA

ANALISI DI SICUREZZA NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO

Docente: **Gigliola Spadoni** prof. ass.

1. *Introduzione*
- 1.1. *Definizioni di: sicurezza, pericolo, rischio.*
- 1.2. *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.
- 1.3. *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 histories.
2. *Rischi specifici delle sostanze e dei preparati chimici*
Principali parametri (TLV, LEL, UEL, punto di infiamm., ecc.), etichettatura e schede di sicurezza. Le correlazioni di probit per interpretare la risposta di un individuo alla esposizione a radiazioni termiche, sovrapressioni, concentrazioni.
3. *Analisi di sicurezza degli impianti dell'industria di processo:* normativa e procedure.
- 3.1. *Identificazione degli eventi incidentali:* «safety checklists», metodo ad indici (con riferimento specifico alla normativa), HAZOP, FMEA, «safety review».
- 3.2. *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.
- 3.3. *La valutazione delle conseguenze di incidenti.*
Dispersioni accidentali: Modello 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 modelli. Equazioni di probit per i tossici. Esposizione indoor o outdoor.
Incendi: di jets, pozze e fireballs.
Esplosioni: detonazione e deflagrazioni, UVCE: semplici modelli di calcolo delle sovrapressioni. Esplosione di polveri. Reazioni esotermiche incontrollabili. Vulnerabilità degli individui e delle strutture.
- 3.4. *Metodi per la mitigazione dei rilasci:* sicurezza intrinseca, rivelazione delle perdite, contenimento. Gestione delle emergenze: procedure di shutdown, evacuazione, rifugi. Procedure per la pianificazione e la gestione delle emergenze industriali.

- 3.5. *Analisi dei rischi di alcune realtà impiantistiche.*
 3.6. Gestione del rischio di un'area industriale (criteri di accettabilità, valutazioni quantitative, comunicazione).

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).

Testi consigliati:

Per l'elenco dei testi consigliati rivolgersi al Dipartimento di Ingegneria Chimica mineraria e delle Tecnologie Ambientali.

ANALISI MATEMATICA I (vedi "informaz.", P-Z)

ANALISI MATEMATICA II (vedi "informaz.", P-Z)

BIOCHIMICA INDUSTRIALE

Docente: **Fabio Fava** ric.

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.

Culture miste e culture pure. Crescita microbica e fattori chimici e fisici che la influenzano. Culture *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 Libreria, 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.

CHIMICA

Docente: **Corrado Berti** prof. ass.

STRUTTURA ATOMICA; STRUTTURA DEL NUCLEO.

Elementi e composti. L'atomo; particelle subatomiche stabili. Numero di massa e numero atomico; gli isotopi. Scala dei pesi atomici. La mole ed il numero di Avogadro.

Il nucleo: nuclidi stabili e nuclidi instabili. Decadimento radioattivo e sua velocità. Leggi dello spostamento radioattivo. Il difetto di massa e l'energia di legame del nucleo.

STRUTTURA ELETTRONICA DEGLI ATOMI E LEGAME CHIMICO.

La quantizzazione dell'energia ed il modello atomico di Bohr per l'atomo di idrogeno. Il principio di indeterminazione; la natura dualistica degli elettroni e della luce. L'equazione di Schrodinger nel caso dell'atomo di idrogeno; funzioni d'onda, orbitali atomici e numeri quantici. Lo spin dell'elettrone. Atomi con più elettroni: principio di esclusione di Pauli, regola di Hund e ordine successivo dei livelli energetici. Configurazioni elettroniche degli elementi e sistema periodico.

Concetto di legame chimico: legame ionico. Il legame covalente: sovrapposizione degli orbitali atomici. Legame covalente polare e apolare; legame di coordinazione. Caratteristiche di legame degli elementi del II periodo: geometria molecolare e ibridazione degli orbitali. Legami multipli; risonanza. Legami deboli tra le molecole: i diversi tipi di interazione. Il legame metallico.

REAZIONE CHIMICA ED EQUILIBRIO CHIMICO.

L'equazione stechiometrica ed il suo significato quantitativo: calcoli stechiometrici. Le reazioni di ossidoriduzione; numero di ossidazione. Nomenclatura tradizionale e IUPAC per i composti inorganici più comuni.

Sistemi termodinamici. Lavoro e calore; il 1° principio della termodinamica. Energia interna ed entalpia; calori molari. Entalpie standard e calcolo termochimici. Il 2° principio; l'entropia ed il suo significato in termini di probabilità di stato. Trasformazioni spontanee e condizioni di equilibrio per un sistema non isolato: energia libera e lavoro utile. Equilibrio chimico: la costante di equilibrio. Posizione dell'equilibrio ed energia libera standard della reazione. Equilibrio e suo spostamento nei sistemi gassosi, in quelli liquidi omogenei ed in quelli eterogenei. Influenza della temperatura. Calcolo del grado di avanzamento di una posizione all'equilibrio. Equilibri ionici in soluzione acquosa: autoprotolisi dell'acqua, pH e pOH. Acidi e basi secondo Bronsted e Lowry. Acidi e basi poliprotici, idrolisi, qua, pH e pOH. Acidi e basi secondo Bronsted e Lowry. Acidi e basi poliprotici, idrolisi, soluzioni tampone, titolazioni acido-base e indicatori, elettroliti anfoteri. Calcoli sugli equilibri ionici in soluzione acquosa. Prodotto di solubilità.

STATI DI AGGREGAZIONE DELLA MATERIA ED EQUILIBRI TRA FASI.

Lo stato gassoso: equazione di stato dei gas ideali. I gas reali e l'equazione di Van Der Waals. Lo stato liquido: tensione di vapore e temperatura di ebollizione. Le soluzioni; modi di esprimerne la composizione. La legge di Raoult per le soluzioni ideali e le proprietà colligative. Lo stato solido: solidi amorfi e cristallini. Cristalli ionici, covalenti, molecolari, atomici e metallici.

La regola delle fasi: equilibri di fase ad un componente ed equazione di Clausius-Clapeyron. Diagrammi di stato dell'acqua, del diossido di carbonio e dello zolfo.

ELETTROCHIMICA.

Potenziali elettrodi; celle chimiche reversibili. Forza elettromotrice di una cella ed equazione di Nernst. La serie dei potenziali standard di riduzione. Pile di uso comune; accumulatori. Pile di concentrazione. Elettrolisi di soluzioni acquose e di sali fusi; leggi di Faraday. Corrosione elettrochimica dei metalli.

CINETICA CHIMICA.

Velocità di reazione ed equazione cinetica. Reazioni elementari e reazioni in più stadi. Influenza della temperatura: l'equazione di Arrhenius e la sua interpretazione tramite la teoria degli urti intermolecolari. Meccanismo di reazione e complesso attivato: l'energia di attivazione ed il fattore sterico. Catalizzatori e inibitori; catalisi omogenea ed eterogenea.

GLI ELEMENTI CHIMICI.

Le famiglie di elementi tipici. I, II e III gruppo: stati di ossidazione, principali composti, proprietà e impieghi. Elementi del IV gruppo: carbonio, silicio e cenni su germanio, stagno e piombo.

Elementi del V gruppo: azoto, fosforo e cenni su arsenico, antimonio e bismuto. Il VI gruppo: ossigeno, zolfo e cenni su selenio e tellurio. Elementi del VII gruppo: fluoro, cloro, bromo e iodio. Elementi di transizione e loro caratteristiche generali: alcuni esempi.

Testi consigliati:

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di chimica*, ed. UTET, Torino, 1980.

R.A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di chimica per ingegneria*, ed. CEDAM, Padova, 1994.

P. MANARESI, E. MARIANUCCI, *Problemi di chimica per ingegneria*, ed. Esculapio, Bologna, 1993.

Esami: Discussione orale di argomenti svolti nell'Insegnamento preceduta da una prova scritta consistente in esercizi e calcoli numerici (stechiometria, concentrazioni delle soluzioni, elettrolisi, termochimica, equilibri in fase gassosa, equilibri in soluzioni ioniche).

CHIMICA E TECNOLOGIA DELLA CATALISI

Docente: **Angelo Vaccari** prof. ass.

Generalità. Definizione di catalizzatore. Meccanismo di azione di un catalizzatore. Correlazioni fra catalisi, equilibrio chimico e/o velocità di reazione. Catalisi omogenea, enzimatica ed eterogenea.

Specificità della catalisi omogenea e problematiche relative. Catalisi enzimatica, principi generali, meccanismi di azione. Enzimi supportati e catalizzatori biomimetici. Definizioni ed aspetti sperimentali della catalisi eterogenea. Principali stadi nelle reazioni catalitiche; ruolo dei processi di adsorbimento. Principali modelli cinetici per le reazioni catalitiche. Scelta dei componenti di un catalizzatore. Attività catalitica e struttura dei solidi. Principali classi di catalizzatori (metalli supportati, ossidi, zeoliti, argille, ecc.). Preparazione e caratterizzazione di un catalizzatore.

Determinazioni delle proprietà catalitiche. Esempi di sviluppi industriali di catalizzatori. Esempi di processi catalitici di rilevanza industriale. Catalisi del disinquinamento ed esempi di nuovi processi a minore impatto ambientale.

Testi consigliati:

- 1) G. NATTA, I. PASQUON e P. CENTOLA, *Principi della Chimica Industriale*, vol. II, CLUP, Milano.
- 2) J.F. LE PAGE, *Applied heterogeneous catalysis*, Technip, Paris.
- 3) C.N. SATTERFIELD, *Heterogeneous catalysis in industrial practice*, McGraw Hill, N.Y.
- 4) LEAC, *Applied industrial catalysis*, Associated Press, N.Y.
- 5) M.V. TWIGG, *Catalysis handbook*, Wolfe, London.

CHIMICA INDUSTRIALE

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 pirite; 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.

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 ORGANICA

Docente: **Leonardo Marchetti** prof. ord.

L'oggetto, l'importanza scientifica ed industriale, e l'evoluzione della Chimica Organica: cenni storici e prospettive attuali.

Richiami sulla struttura atomica della materia, la struttura elettronica degli atomi e delle molecole, il legame chimico, l'ibridazione degli orbitali.

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 (saturi ed insaturi, a catena aperta e ciclici), e gli idrocarburi aromatici: struttura, nomenclatura, proprietà fisiche, preparazione e reattività.

L'isomeria in Chimica Organica: isomeria strutturale (di catena, di posizione, di funzione) e stereoisomeria (isomeria conformazionale, isomeria geometrica ed isomeria ottica); le nomenclature E,Z e R,S.

Le reazioni organiche: richiami di stechiometria, di termodinamica chimica e di cinetica. Richiami sull'equilibrio chimico, sulle reazioni di ossidoriduzione, su pH e sul concetto di acido e di base secondo Arrhenius, Bronsted-Lowry e Lewis.

La classificazione delle reazioni organiche. Il meccanismo delle reazioni organiche: principi generali ed aspetti termodinamici e cinetici. Gli effetti induttivi, di risonanza e sterici.

I composti organici alogenati. Gli alcoli, i fenoli, i tioli. Gli eteri, gli epossidi, i solfuri e gli altri derivati organici dello zolfo. Le aldeidi ed i chetoni. Gli acidi carbossilici ed i loro derivati. Le ammine e gli altri composti organici azotati. I composti organici polifunzionali.

I composti eterociclici, aromatici e non aromatici (cenni).

I polimeri organici: definizione e classificazione. Polimerizzazioni per addizione e per condensazione.

Le biomolecole (cenni): i lipidi - i carboidrati - gli amminoacidi e le proteine - gli acidi nucleici - i terpeni.

Testi consigliati:

H. HART, *Chimica Organica*, Ed. Zanichelli, Bologna.

J. KICE, E. MARVELL, *Principi di Chimica Organica*, Ed. Piccin, Padova.

J. McMURRAY, *Fondamenti di Chimica Organica*, Ed. Zanichelli, Bologna.

C. DI BELLO, *Principi di Chimica Organica*, Ed. Decibel, Padova.

Esame: La prova finale d'esame è orale: per esservi ammessi è necessario superare preliminarmente le tre prove scritte effettuate durante il corso delle lezioni, oppure una prova scritta straordinaria.

CONTROLLO DEI PROCESSI (vedi "informaz.")**DINAMICA E CONTROLLO DEI PROCESSI CHIMICI**

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 linearizzazione, 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-feedforward 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*, McGraw-Hill.

G. STEPHANOPOULOS, *Chemical Process Control*, Prentice-Hall, 1984.

ELEMENTI DI TERMODINAMICA DELL'INGEGNERIA CHIMICA

Docente: **Serena Bandini** ric.

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 semi-continui; 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 pratica al calcolatore (facoltativa).

Propedeuticità consigliate: Chimica, Fisica I.

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

Docente: **Maurizio Sobrero** prof. ass.

Obiettivo e contenuti dell'Insegnamento

Si vuole fornire le conoscenze necessarie per comprendere le variabili economico-organizzative che influenzano la gestione dell'impresa.

Nella prima parte dell'Insegnamento verranno trattati gli elementi gestionali di base quali il posizionamento competitivo, la formulazione delle strategie, le principali decisioni inerenti le attività di ricerca e sviluppo, marketing, produzione e gestione dei materiali.

Nella seconda parte del corso verranno affrontati i problemi di natura organizzativa con particolare riferimento alla progettazione organizzativa, si tratteranno i seguenti argomenti di natura gestionale.

Nella terza parte del corso verranno introdotti i principali strumenti economico-finanziari per l'analisi dei fenomeni e per le decisioni

Programma

1. Le decisioni gestionali

Il settore industriale, definizione ed individuazione delle caratteristiche principali. L'analisi della concorrenza allargata. Le strategie competitive di base. La segmentazione del mercato e il posizionamento dell'impresa

L'innovazione tecnologica e la gestione di ricerca e sviluppo

Le variabili economiche del sistema produttivo e della gestione dei materiali.

La commercializzazione del prodotto e la definizione del marketing mix (prodotto, prezzo, comunicazione, distribuzione).

2. 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.

3. Rappresentazione, analisi e valutazione dei dati economico-finanziari

Il bilancio dell'impresa (stato patrimoniale e conto economico). Criteri di riclassificazione dei dati di bilancio. Costruzione di indici per interpretare le situazioni economica, finanziaria e patrimoniale dell'impresa

I costi: calcolo ed utilizzazione per le decisioni. Il punto di pareggio e il margine lordo di contribuzione. Introduzione al budget e al controllo di gestione.

Equivalenza finanziaria, attualizzazione e capitalizzazione. Analisi e valutazione degli investimenti.

Testi consigliati

L. BRUSA, *L'amministrazione e il controllo*, Etaslibri, Milano 1994.

BREALEY, MYERS, SANDRI, *Capital Budgeting*, McGraw-Hill, Milano 1999 (solo i capp. 2-3-5-6-10).

H. MINTZBERG, *La progettazione dell'organizzazione aziendale*, Il Mulino, Bologna 1985 (solo i primi 7 capitoli).

M. PORTER, *Il vantaggio competitivo*, Edizioni di Comunità, Milano 1995 (solo i primi 2 capitoli).

M. RISPOLI, *L'impresa industriale*, Mulino, Bologna 1984 (solo i capp. 4 e 7).

R. SCHMENNER, *Produzione*, Sole 24 ore, Milano 1987 (solo cap. 7).

Gli studenti che, non potendo frequentare, dovessero incontrare difficoltà nello studio del bilancio, possono affrontare autonomamente tale tematica in:

R.N. ANTHONY, *Bilancio e analisi finanziaria*, McGraw-Hill, Milano 1998.

Esame: L'esame prevede una prova scritta e una prova orale le cui date verranno fissate in base al calendario della Facoltà e comunicate mediante affissione in bacheca presso il CIEG (Via Saragozza, 8) con congruo anticipo.

Per la prova scritta bisogna iscriversi in una lista esposta all'esterno del CIEG.

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.

ELETTROTECNICA

Docente: **Maria Laura Ambrosini** prof. ass.

Circuiti elettrici in condizioni stazionarie e quasi stazionarie. Circuiti magnetici lineari e non lineari. Bilancio energetico dei sistemi elettromagnetici. Transitorio dei circuiti elettrici. Circuiti elettrici in corrente alternata. Strumenti di misura. Sistemi trifase: collegamenti a stella e a triangolo; misure di potenze; sistemi trifase con neutro.

Generalità sulle macchine elettriche: ipotesi di campo; perdite nel ferro. Trasformatore: equazioni; rete equivalente; funzionamento a vuoto e in cortocircuito; prove di misura del rendimento; trasformatori voltmetrici e amperometrici; trasformatori trifase.

Generalità sulle macchine rotanti in c.a.: nozioni costruttive; teoria del campo rotante; f.e.m. indotte. Macchine asincrone: principio di funzionamento; equazioni; rete equivalente; coppia elettromagnetica; funzionamento da motore, generatore, freno; curve caratteristiche; avviamento; rotore ad anelli, a gabbia, a doppia gabbia. Macchine sincrone: nozioni costruttive e principio di funzionamento.

Macchine in c.c.: nozioni costruttive; f.e.m. alle spazzole; coppia elettromagnetica. Dinamo ad eccitazione indipendente ed autoeccitata: equazioni; curve caratteristiche. Motori a c.c. eccitati in parallelo e in serie: equazioni, caratteristiche meccaniche; avviamento; regolazione di velocità.

Impianti elettrici: sistemi di distribuzione in c.c., in c.a. monofase e trifase; linee corte a media e a bassa tensione; cadute di tensione in linea; perdite di potenza; rifasamento; linee aeree e in cavo; portata di un conduttore; messa a terra del neutro; cabine; protezione contro gli infortuni: impianto di messa a terra, interruttori a relè.

Testi consigliati:

- 1) F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica Generale*, ed. Pitagora, Bologna.
- 2) Dispense integrative.

L'Insegnamento è integrato da *esercitazioni* numeriche.

Esame: consiste normalmente in una prova scritta e in una prova orale.

FISICA GENERALE I

Docente: **Antonio Zoccoli** prof. ass.

L'Insegnamento può dividersi, grosso modo, in tre parti: a) Calcolo vettoriale e cinematica, b) Dinamica, c) Termodinamica.

La prima parte ha essenzialmente lo scopo di creare una base comune di linguaggio e un momento di integrazione fra gli studenti che si iscrivono al primo anno provenendo da scuole dove hanno avuto esperienze anche molto diverse.

Le altre due parti, nell'ambito dei rispettivi argomenti, si propongono essenzialmente di illustrare e chiarificare alcuni concetti e principi fondamentali, discutendone il significato e la portata, mentre le applicazioni, in genere estremamente semplici, vengono presentate esclusivamente per indicare la metodologia di utilizzo dei concetti discussi. In altri termini, l'insegnamento ha lo scopo di fornire agli studenti una certa padronanza di alcuni strumenti concettuali di base, il cui uso estensivo viene lasciato ai corsi più specialistici degli anni successivi.

Programma

a) Calcolo vettoriale e Cinematica.

Vettori liberi e applicati, loro proprietà e rappresentazioni. Operazioni con vettori. Cenni ai campi vettoriali. Gradiente. Cinematica del punto. Velocità. Accelerazione. Descrizioni del moto. Studio di particolari moti. Cinematica dei sistemi rigidi. Problemi di moto relativo.

b) Dinamica.

Concetto di forza e misura di forze. Principio d'inerzia e riferimenti inerziali. Il secondo principio e le sue conseguenze. Problemi di moto vincolato. Il terzo principio. Cenni di dinamica dei sistemi rigidi. Lavoro, energia e loro proprietà.

c) Termodinamica.

Temperatura e principio zero. Calore, lavoro e primo principio. Gas ideali. Il secondo principio. Irreversibilità. Entropia.

Testi consigliati:

P. VERONESI, E. FUSCHINI, *Fondamenti di meccanica classica*, Coop. Libr. Un. Bologna.
M.W. ZEMANSKY, *Calore e termodinamica*, Zanichelli, Bologna.

Esame: scritto e orale.

FISICA GENERALE II

Docente: A. Gandolfi prof. ass.

Due sono essenzialmente gli scopi che l'Insegnamento si propone:

1. Familiarizzare lo studente con le idee e i concetti fondamentali dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica, dando ampio risalto alla base sperimentale che serve come punto di partenza per illustrare le leggi fisiche, le loro implicazioni e le loro limitazioni.

2. Stimolare lo studente a sviluppare la capacità ad usare queste idee ed applicarle ai casi concreti. Con questo l'insegnamento viene a costituire una premessa agli insegnamenti specialistici più avanzati, senza peraltro deviare dal chiaro compito di formazione culturale di base del futuro ingegnere.

Programma

Il campo elettrostatico - Legge di Gauss e della circuitazione - Il problema del potenziale - Il campo elettrostatico in presenza di conduttori - La corrente elettrica stazionaria - Campi impressi e forza elettromotrice - Leggi di Ohm e Joule in forma locale - La legge di conservazione della carica elettrica - Il campo magnetico stazionario - Legge di Gauss e di Ampère - La forza di Lorentz - L'induzione elettromagnetica - Il campo elettrico indotto - Campo indotto e forza di Lorentz - La legge di Ampère/Maxwell - Corrente di spostamento - Le equazioni di Maxwell - Le onde elettromagnetiche - I potenziali ritardati - Il campo

elettrico e magnetico nella materia - Fenomeni ottici - Le leggi dell'ottica geometrica - Il modello corpuscolare ed ondulatorio della luce - L'interferenza, la diffrazione e la polarizzazione della luce - Il comportamento corpuscolare della luce nei processi di emissione e di assorbimento - Il dualismo onda-corpuscolo - Il modello elettromagnetico della luce.

L'Insegnamento comprende esercizi e calcoli numerici applicativi.

Testi consigliati:

Consigli su testi di studio e lettura, dettagli sul programma e informazioni sulle modalità d'esame saranno forniti di volta in volta a lezione.

Esame: scritto e orale.

Propedeuticità consigliate: Per sostenere l'esame è necessario aver superato l'esame di "Fisica generale I".

FONDAMENTI DI CHIMICA INDUSTRIALE

Docente: **F. Trifirò** prof. ord.

Ruolo dell'Industria chimica in un sistema industriale. Cenni sulla storia dell'Industria chimica: dalla Montecatini alle multinazionali. I "building blocks" della produzione chimica. Materie prime: petrolio, gas naturale, carbone, scisti bituminosi e prodotti naturali. Relazione fra materie prime e "building blocks": Steam cracking, Fisher Tropsch, distillazione del carbone, fermentazione aerobica e anaerobica. Struttura dell'industria chimica. Chimica di base, primaria intermedia e derivata, chimica secondaria dei prodotti di sintesi e dei formulati.

Cenni sulle basi economiche dell'industria chimica: dove produrre, quanto produrre, quando chiudere, quali materie prime utilizzare, quale processo, quale metodo di scambio dell'energia.

Sviluppo sostenibile: sicurezza, aspetti ambientali, uso razionale delle materie prime e delle fonti di energia.

La catalisi industriale. Catalisi omogenea e eterogenea. Classi di catalizzatori; catalizzatori redox, acido-base e polifunzionali.

Criteri di condotta di reazioni chimiche industriali: ossidazioni, idrogenazioni, deidrogenazioni, reazioni acido-base, nitrazioni e alogenazioni.

Le linee produttive della petrolchimica. Chimica del CO. Esempi di industria chimica secondaria: produzione di detersivi, farmaci e di fitofarmaci. Cenni sulle nuove tecnologie: materiali avanzati e biotecnologie. Cenni sui problemi di scale-up.

Descrizione delle reazioni chimiche mediante flow-sheet: esempi per reazioni in fase liquida, gassosa e per reazioni fra solidi.

FONDAMENTI DI INFORMATICA (vedi 49)

FONDAMENTI E METODI DELLA PROGETTAZIONE INDUSTRIALE

Docente: **Vincenzo Dal Re** prof. ass.

Programma

1. ELEMENTI DI DISEGNO TECNICO

1.1. IL DISEGNO GEOMETRICO

Proiezioni ortogonali del punto, del segmento di retta, di figure piane, di solidi geometrici: problemi di lettura.

Sezioni di solidi geometrici.

Compenetrazioni di solidi geometrici: determinazione della linea di intersezione fra solidi di rotazione.

1.2. LE NORME DEL DISEGNO TECNICO

Tipi e grossezze di linee.

Rappresentazione delle zone sezionate.

Quotatura dei disegni.

Tolleranze di fabbricazione.

Collegamenti mediante organi filettati.

Rappresentazioni convenzionali degli elementi degli impianti chimici.

Rappresentazione convenzionale delle saldature.

Esempi di complessivi di apparecchiature chimiche (serbatoi, torri di distillazione, scambiatori di calore).

2. ELEMENTI DI TECNOLOGIA

2.1. DESIGNAZIONE DEI MATERIALI

Acciai.

Leghe di Alluminio.

Leghe di Rame.

Leghe di Titanio.

2.2. PROVE SUI MATERIALI

Prova di Trazione Statica

Prova di Resilienza.

PiOVA di Piegamento.

2.3. PROCEDIMENTI COSTRUTTIVI

Produzione delle lamiere.

Calandratura.

Stampaggio.

Procedimenti di saldatura.

2.4. I CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

Liquidi penetranti.

Ultrasuoni.

Radiografie.

3. CALCOLO DELLE TENSIONI

3.1. TENSIONI MEMBRANALI NEI RECIPIENTI A PRESSIONE

Tensione in un anello circolare

Tensioni membranali in un cilindro con pressione

Teoria membranale nei gusci assialsimmetrici con pressione interna

Applicazioni della teoria membranale: Cono, Toro, Ellissoide

Deformazioni membranali nei recipienti a pressione

Recipienti multisfera

3.2. CILINDRO DI GROSSO SPESSORE

Soluzione di Lamé

Cilindro soggetto a sola pressione interna

Cilindro soggetto a sola pressione esterna

Deformazioni in un cilindro di grosso spessore

Tensioni di forzamento nei cilindri blindati

Forzamento di un mozzo su un albero

Autoblindamento

3.3. PIASTRE RETTANGOLARI SOGGETTE A FLESSIONE

Flessione di una piastra in una direzione

Flessione di una piastra rettangolare in due direzioni

Tensioni termiche nelle piastre

3.4. PIASTRE CIRCOLARI DI SPESSORE COSTANTE SOGGETTE A FLESSIONE

Piastre circolari soggette a carico assialsimmetrico

Piastre circolari caricate in modo uniforme: Bordo incastrato, Bordo appoggiato

Piastre circolari caricate al centro: Bordo incastrato, Bordo appoggiato

Piastra circolare con carico concentrico

Piastre circolari con foro centrale o con incastro centrale caricate in modo simmetrico

Piastre circolari rinforzate: con griglia ortogonale, con anello concentrico

Piastre forate

3.5. TEORIA FLESSIONALE DEI GUSCI CILINDRICI

Guscio cilindrico circolare caricato simmetricamente rispetto al suo asse

Guscio cilindrico di spessore costante

Tubo cilindrico semi-indefinito sottoposto all'azione di forze di taglio radiali e di momenti flettenti uniformemente distribuiti lungo il bordo

I coefficienti di influenza

Flessione di un lungo guscio cilindrico con carico uniformemente distribuito lungo una sezione

Cilindro indefinito caricato da momenti distribuiti lungo una circonferenza

Guscio cilindrico con pressione interna e con i bordi variamente vincolati

Recipienti a pressione

Recipiente cilindrico con fondi emisferici

Recipiente cilindrico con fondi ellissoidici

Recipiente cilindrico con fondo piano

Tensioni termiche nei recipienti a pressione

3.6. FLANGE

Anello caricato da momenti torcenti

- Tensioni nelle flange
 Preserraggio dei bulloni delle flange
- 3.7. CONCENTRAZIONI DI TENSIONE
 Concentrazioni di tensione intorno a un foro
 Aperture rinforzate
- 3.8. CALCOLO DELLE SALDATURE
 Il metodo di calcolo
 Alcuni esempi di calcolo di saldature
 Cordone di testa con carico trasversale
 Cordone di testa con carichi longitudinale e trasversale
 Cordoni d'angolo con carico trasversale
 Cordoni d'angolo con carico longitudinale
 Cordoni d'angolo con momento flettente e taglio
 Saldature circolari
- 3.9. MECCANICA DELLA FRATTURA
 Metodo energetico di Griffith
 Correzione per piccole deformazioni plastiche
 Fattori che influenzano il comportamento fragile dei materiali
 Il metodo lineare elastico della meccanica della frattura. Soluzione di Westergaard
 Espressioni di K_{IC} in alcuni casi semplici
 Determinazione sperimentale della tenacità a frattura K_{IC}
- 3.10. LE NORMATIVE SUI RECIPIENTI A PRESSIONE
 Le Norme ISPESL: Raccolte VSR, M, S.

Bibliografia

- J.F. HARWEY, *Pressure Vessel Design: Nuclear and Chemical Applications*, Van Nostrand Company, Inc.
- S.P. TIMOSHENKO, S. WOINOWSKY-KRIEGER, *Theory of Plates and Shells*, McGraw Hill Book Company, Inc.
- C. RUIZ, F. KOENIGSBERGER, *Design for Strength and Production*, Mcmillan.
- R.W. NICHOLS, *Pressure Vessel Engineering Technology*, Elsevier.
- MANFÉ, POZZA, SCARATO, *Disegno Meccanico*, Voll. 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.
- ISPESL, Raccolta VSR.
- ISPESL, Raccolta M.
- ISPESL, Raccolta S.

GEOMETRIA E ALGEBRA

Docente: **Patrizio Frosini** ric.

Finalità dell'Insegnamento: lo scopo è essenzialmente formativo e gli strumenti usati per raggiungere tale scopo sono quelli che si ritengono atti a fornire al futuro ingegnere una solida base algebrica e geometrica per i suoi studi successivi.

Insiemi quozienti, gruppi, anelli, campi (richiami) - Spazi vettoriali - Dipendenza lineare, sistemi di generatori - Basi: loro esistenza ed equipotenza in dimensione finita: dimensione.

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 - Sottospazi 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 sottospazi vettoriali.

Spazi affini, dipendenza affine - Vettori liberi - Sottospazi affini (in particolare: rette e iperpiani) - Riferimenti affini - Affinità - Parallelismo - Cambiamenti di riferimento affine - Orientazione di spazi vettoriali e affini reali - Insiemi convessi: semplici.

Spazi metrici; spazi vettoriali normati - Prodotto scalare; spazi vettoriali euclidei; disuguaglianza di Schwarz - Norma euclidea - Determinante di Gram - Basi ortonormali; procedimento di Gram-Schmidt - Complemento ortogonale; ortogonalità.

Spazi euclidei - Riferimenti cartesiani - Ortogonalità fra sottospazi euclidei - Equazioni normali di iperpiani - Distanza fra insiemi (in particolare fra sottospazi) - Coseno dell'angolo fra rette - Volumi - Simmetrie, similitudini, uguaglianze (cenni: teoremi di classificazione) - Geometrie.

Cenni su: funzioni polinomiali, principi di annullamento e di identità; chiusura algebrica, molteplicità di radici, teorema fondamentale dell'algebra, radici razionali di polinomi a coefficienti razionali.

Autovalori ed autovettori - Polinomio caratteristico - Molteplicità algebrica e geometrica - Basi spettrali e diagonalizzabilità per similitudine.

Spazi proiettivi, dipendenza lineare, sottospazi proiettivi - Riferimenti proiettivi - Proiettività - Relazioni fra spazi affini e proiettivi - Punti impropri; coordinate omogenee e non omogenee.

Applicazioni e forme bilineari; rappresentazione matriciale - Forme quadratiche - Congruenza di matrici simmetriche - Diagonalizzabilità per congruenza - Rango, segnatura; forme canoniche per congruenza in campo complesso e reale.

Iperquadriche, loro immagine e vertice - Polarità - Intersezione di iperquadriche con sottospazi - Iperpiani tangenti, loro intersezione con l'immagine - Classificazione proiettiva ed affine di coniche e quadriche complesse e reali - Iperpiani diametrali; centro - Iperpiani principali; iperquadriche di rotazione; ipersfere - Equazioni canoniche - Fuochi - Fasi di coniche.

Testi consigliati

- C. GAGLIARDI, L. GRASSELLI, *Algebra lineare e geometria*, 3 voll., ed. Esculapio, Progetto Leonardo, Bologna.
- L. CAVALIERI D'ORO, L. GUALANDRI, *Esercizi di algebra e geometria*, voll. I e II, ed. Esculapio, Progetto Leonardo, Bologna.

GESTIONE DELL'INNOVAZIONE E DEI PROGETTI (vedi 47)**IDROGEOLOGIA APPLICATA** (vedi 51)**IMPIANTI BIOCHIMICI**

Docente: **Carlo Gostoli** prof. ass.

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

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).

Programma

Introduzione alla problematica della contaminazione dei suoli. Costituenti principali del suolo. Distribuzione e trasporto degli inquinanti nel terreno (adsorbimento del 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 (*intrinsic bioremediation*, *bioventing*, *bioslurry*, impianti *pump and treat*, *bioslurping*, biofiltrazione).

Studi di biotrattabilità e criteri di scelta delle tecnologie, studi in impianti pilota, test in campo. Stima dei costi di bonifica. Monitoraggio dei prodotti di bonifica biologica.

Testi di riferimento

NORRIS, HINCHEE, BROWN, MAC CARTY et al., *Handbook of Bioremediation*, Lewis Publishers, 1994.

EVAN K. NYER, *Practical Techniques For Groundwater And Soil Remediation*, Lewis publishers, 1997.

Esame, orale.

IMPIANTI CHIMICI I

Docente: **Ugo Lelli** prof. ord.

Oggetto dell'Insegnamento è lo studio di una prima parte delle operazioni fondamentali (unit operations). Scopo dell'insegnamento è quello di fornire criteri per la scelta e il calcolo dei principali apparati chimici impiegati per tali operazioni, ponendo l'accento sulla comprensione dei fenomeni chimico-fisico che regolano il funzionamento degli apparati stessi.

1) *Scambiatori di calore*. Richiami sulla trasmissione del calore. Descrizione dei principali tipi di scambiatore di calore e criteri di scelta; progettazione secondo il metodo Kern. Studio dei condensatori e dei ribollitori specie in vista del loro impiego per appa-

recchiature di distillazione. Standard costruttivi. Tubi alettati. Refrigeranti ad aria. Problemi di coibentazione.

2) *Operazione di trasporto di materia tra fasi gassose e liquide.* Generalità sulle operazioni di scambio di materia. Operazioni continue e discontinue. Apparecchiature a piatti e a contatto continuo. Varie definizioni di rendimento dei piatti e loro correlazione. *Assorbimento e stripping.* Specificazione delle apparecchiature di assorbimento. Calcolo delle colonne d'assorbimento a piatti. Metodi grafici e analitici per sistemi a uno e più componenti. - Fluidodinamica dei piatti. particolari costruttivi. - Colonne riempite. Perdite di carico e velocità limite. Calcolo del volume delle colonne d'assorbimento. Equazione di Whitman. Metodo delle unità di trasporto. Considerazioni economiche; confronto con le colonne a piatti. Abbinamento di colonne di assorbimento e stripping. Disposizioni impiantistiche. *Distillazione.* Distillazione continua e discontinua di sistemi binari e a più componenti, in apparati a singolo stadio. Colonna completa. Colonne di arricchimento puro e di esaurimento puro. Gradi di libertà. Sistemi binari: metodi di McCabe Thiele e metodo entalpia concentrazione. Calcolo colonne di distillazione di sistemi a più componenti: metodi di Lewis-Matheson. Disposizione a colonne multiple. Regolazione delle colonne di distillazione. Impiego del metodo McCabe Thiele per problemi di regolazione e di verifica. Processi di distillazione discontinui. Distillazione in corrente di vapore. Cenni sulla distillazione azeotropica ed estrattiva. *Operazioni di umidificazione.* Richiamo del diagramma igrometrico per il sistema aria acqua e per sistemi diversi. Principali processi di trasformazione dello stato igrometrico. Umidificazione adiabatica, deumidificazione, raffreddamento dell'acqua. Cenni sul calcolo delle apparecchiature.

3) *Operazioni di miscelazione.* Criteri di scelta della girante. Calcolo della potenza dell'agitatore e dei coefficienti di trasporto di calore (interno). Problemi di scaling-up.

Testi consigliati:

D. KERN, *Process Heat Transfer.*

R.E. TREYBAL, *Mass Transfer Operations.*

Per le parti in cui la trattazione non è compresa in tali opere, si può fare riferimento a schemi e diagrammi di calcolo (depositati presso la Biblioteca della Facoltà).

L'esame consiste in una prova scritta articolata su più parti indipendenti.

Propedeuticità consigliata: Principi di ingegneria chimica.

IMPIANTI CHIMICI II

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 isoterme 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 isoterme 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 fluidodinamici 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 Amrboiana, 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

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 importanti 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.

INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE

Docente: **Gabriele Pasquali** prof. ass.

Nell'Insegnamento vengono trattati i temi dell'ingegneria chimica ambientale, con particolare riferimento agli interventi tecnologici per la prevenzione dell'inquinamento ambientale. Le linee all'interno delle quali s'inquadrano gli argomenti svolti nell'Insegnamento sono sinteticamente sotto riportate.

1. Considerazioni introduttive: il processo d'inquinamento ambientale.
 - 1.1. La valutazione d'impatto ambientale nel quadro della normativa della CEE.
 - 1.2. I criteri in base ai quali vengono definite le linee d'intervento per la salvaguardia ambientale.
2. Inquinamento atmosferico. I principali inquinanti atmosferici: cause, sorgenti, effetti. Cenni sulla normativa italiana contro l'inquinamento atmosferico.
 - 2.1. Materiale particolato. Gli interventi tecnologici per il controllo delle emissioni di materiale particolato.
 - 2.2. Inquinamenti gassosi. Gli interventi tecnologici per il controllo delle emissioni d'inquinanti gassosi, con speciale riferimento alle tecnologie di depurazione delle emissioni gassose dei processi industriali di rilevante impatto ambientale.
3. Inquinamento idrico. Le caratteristiche delle acque di rifiuto civili e industriali e il processo d'inquinamento idrico. Cenni sulla normativa italiana contro l'inquinamento idrico. Le linee d'intervento per il controllo dell'inquinamento idrico.

- 3.1. I processi di trattamento delle acque di rifiuto: processi di pretrattamento e trattamento primario; processi di trattamento secondario; processi di trattamento terziario.
- 3.2. Gli impianti di depurazione delle acque di rifiuto civili e industriali.
4. Inquinamento del suolo. Il problema dei rifiuti solidi. Cenni sulla normativa italiana relativa alla gestione dei rifiuti solidi.
 - 4.1. Le tecnologie per il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti solidi.
 - 4.2. Gli impianti di trattamento e smaltimento dei rifiuti solidi urbani (RSU).
 - 4.2.1 La discarica controllata.
 - 4.2.2 Gli impianti d'incenerimento
 - 4.2.3 Gli impianti di recupero.
 - 4.3. Gestione e bonifica di terreni inquinati.

Riferimenti bibliografici e materiale specifico inerente agli argomenti trattati nell'insegnamento vengono forniti durante lo svolgimento delle lezioni e delle esercitazioni.

L'esame è costituito da una prova scritta.

LOGISTICA INDUSTRIALE (vedi 49)

MACCHINE

Docente: **Piero Pelloni** prof. ord.

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 diagrammi 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 termodinamico, 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. Diagramma 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 architettura, 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 turbine 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 incompressibile: 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 diagramma collinare. L'adescamento. La cavitazione: generalità e definizione dell' $NPSH_{lim}$ 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 termodinamici Otto, Diesel e Sabathè. Valutazione del rendimento termodinamico. 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.

MATERIALI POLIMERICI

Docente: **Andrea Sacconi** ric.

L'Insegnamento si prefigge lo scopo di fornire le conoscenze necessarie all'ingegnere nel settore dei materiali polimerici.

Classificazione e proprietà generali dei materiali polimerici.

Cenni alla sintesi dei polimeri: polimerizzazioni a catena (radicalica, anionica, cationica, stereospecifica e a stadi; impiego di monomeri a funzionali > 2 e formazione di polimeri ramificati e/o reticolati.

Richiami dei concetti principali di struttura molecolare e microstruttura.

Costituzione, configurazione e conformazione delle catene isolate e in massa (polimeri semicristallini e amorfi); transizioni termiche (T_v e T_f) e relativi metodi sperimentali di misura; effetto della struttura molecolare su T_v e T_f .

Elementi di termodinamica applicata ai polimeri.

Soluzioni di polimeri; entalpia di miscela e parametro di solubilità; entropia di miscela; conformazione delle macromolecole in soluzione; effetto dei solventi sui polimeri reticolati. Cenni di termodinamica delle miscele di polimeri; diagrammi di stato; valori di E_v e T_i per sistemi miscibili e non miscibili.

Principi delle tecnologie di trasformazione dei materiali polimerici. Cenni di reologia. Metodi di trasformazione; analisi dettagliata di una o più tecnologie di trasformazione.

Principali tipi di materiali polimerici e loro proprietà. Plastomeri, fibre, elastomeri e resine termoindurenti. Materiali compositi: resine, fibre, additivi accoppianti, proprietà. Prove e normativa.

Degradazione e smaltimento delle materie plastiche. Meccanismi di degradazione. Resistenza alla fiamma. Smaltimento di materie plastiche di scarto con riciclo primario, secondario, per combustione, in discarica e per pirolosi con recupero di monomeri.

Testi consigliati:

Macromolecole Scienza e Tecnologia, Pacini Ed. Voll. 1 e 2.

Le Materie Plastiche e l'Ambiente, Grafis Ed.

Materiali polimerici strutturali, Pacini Ed.

Altri testi in lingua inglese potranno essere consigliati durante l'Insegnamento.

Propedeuticità consigliate: Chimica organica, Scienza dei materiali.

MECCANICA DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO (vedi 51)**MECCANICA RAZIONALE** (vedi "informaz.")**MICROBIOLOGIA AMBIENTALE**Docente: **Fabio Fava** ric.*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 microrganismi in natura: loro isolamento e analisi qualitative e quantitative. 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.

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA I

Docente: **Francesco Santarelli** prof. ord.

L'Insegnamento ha per oggetto lo studio dei modelli fisici e matematici sui quali si fondano progettazione funzionale e simulazione degli impianti dell'industria di processo ed è indirizzato verso la conoscenza operativa dei modelli stessi.

1. *Introduzione*

- 1.1. Sistemi: concetti generali, definizioni ed esempi; classificazione; stato; controllabilità e osservabilità; algebra degli schemi a blocchi; grafi di flusso di segnale e matrici di Boole; collegamenti elementari di sottosistemi (cascata, parallelo, retroazione).
- 1.2. Metodologie (richiami, integrazioni, applicazioni esemplificative): calcolo matriciale e tensoriale; funzioni speciali; equazioni differenziali; equazioni alle differenze finite; metodi numerici; similitudine e analisi dimensionale.
- 1.3. Modelli matematici dei sistemi: modelli lineari con una variabile indipendente; modelli lineari con più variabili indipendenti; modelli non lineari.

2. *Apparati e stadi*

- 2.1. Bilanci di materia e di entalpia per processi stazionari; numero di variabili indipendenti e specifica base; curve di lavoro; metodi di soluzione; applicazioni.
- 2.2. Modello di stadio d'equilibrio: definizione, ipotesi, esempi; variabili, equazioni e gradi di libertà; specifiche di verifica e di esercizio; metodi di calcolo delle variabili dipendenti, reazioni chimiche; partitori di corrente; applicazioni.
- 2.3. Sistema di stadi d'equilibrio: definizione, ipotesi, esempio; variabili, equazioni e gradi di libertà; specifiche di verifica e di esercizio; metodi di calcolo delle variabili dipendenti, reazioni chimiche; partitori di corrente; applicazioni.
- 2.4. Stadi reali: cause di deviazione dall'idealità; rendimento di Murphree senza e con trascinamento; relazione di Colburn; rendimento globale; diagrammi di equilibrio pratico; applicazioni.

3. *Modelli fluidodinamici semplici*

- 3.1. Fase perfettamente miscelata: definizione, proprietà, esempi; distribuzione dei tempi di permanenza; bilanci di materia ed energia; applicazioni.
- 3.2. Corrente monodimensionale (senza diffusione assiale): definizione, proprietà, esempi; distribuzione dei tempi di permanenza; bilanci di materia quantità di moto ed energia (termica e meccanica); grandezze di miscela; applicazioni.

4. *Modelli tipo legge di Ohm per il trasporto interfacciale*

- 4.1. Considerazioni generali: interfacce tra fasi; densità di flusso interfacciale; coefficiente di trasporto interfacciale e forze motrici.

- 4.2. Trasporto di quantità di moto: ipotesi di aderenza; fattore d'attrito; fattore d'attrito modificato per il modo in un letto filtrante; coefficienti di trascinamento e di sollevamento; applicazioni.
 - 4.3. Trasporto di calore: ipotesi di equilibrio termico interfacciale; coefficienti di convezione; coefficiente globale di scambio termico; applicazioni.
 - 4.4. Trasporto di materia: ipotesi di equilibrio interfacciale; coefficiente di trasporto; coefficiente globale di trasporto di materia.
5. *Modello di mezzo continuo (a più componenti)*
- 5.1. Introduzione: definizioni; ipotesi generali; equazione di bilancio locale di una proprietà estensiva; equazione di bilancio di una proprietà estensiva in corrispondenza di una superficie di discontinuità (teorema di Kottchine generalizzato).
 - 5.2. Equazioni di bilancio locale di materia, di quantità di moto e di energia (termica e meccanica).
 - 5.3. Equazioni costitutive: per il tensore degli sforzi (fluidi ideali, fluidi newtoniani, cenni sui fluidi non-newtoniani e sui solidi elastici); per la densità di flusso di calore (legge di Fourier); per la densità di flusso di massa dei singoli componenti (legge di Fick, relazioni di Maxwell); elementi di termodinamica dei processi irreversibili; principi generali; diffusività di quantità di moto, di calore e di materia e loro rapporti.
 - 5.4. Introduzione delle equazioni costitutive nelle equazioni di bilancio: equazioni di Eulero, di Navier-Stokes, di Fourier (generalizzata) e di Fick (generalizzata); approssimazione di Boussinesq; condizioni ai limiti; similitudine.
6. *Modelli matematici dei processi di trasporto*
- 6.1. Trasporto molecolare: richiami sul moto laminare; richiami sulla conduzione termica; diffusione stazionaria (controdiffusione equimolare, diffusione in film stagnante, caso generale); diffusione non stazionaria; diffusione in mezzi reagenti chimicamente; fattore di efficienza di un catalizzatore; diffusione contemporanea di calore e materia.
 - 6.2. Trasporto turbolento: considerazioni generali sulla turbolenza; introduzione delle grandezze medie locali nelle equazioni di Navier-Stokes, di Fourier e di Fick generalizzate; flussi turbolenti di quantità di moto, calore e materia; diffusività turbolente; cenni sulla teoria fenomenologica della turbolenza.
 - 6.3. Processi di trasporto in fluidi in moto in mezzi filtranti: legge di Darcy; applicazione dei modelli di corrente monodimensionale con diffusione assiale e di cascata di mescolatori perfetti; diffusività equivalente; numeri di Bodenstein e di Péclet diffusivo.
 - 6.4. Coefficienti di trasporto interfacciale: calcolo delle distribuzioni di velocità, temperatura e concentrazione risultanti dall'integrazione delle equazioni di Navier-Stokes, Fourier e Fick (moti laminari, strato limite, approssimazione di Lévêque, modello di Lewis e Whitman, teoria di Nusselt); analogie fra trasporto di calore, materia e quantità di moto (di Reynolds, Prandtl, Lewis e Whitman, Chilton e Colburn); teoria della penetrazione (modelli di Higbie e di Dankwerts); analisi dimensionale e relazioni sperimentali; applicazioni.
7. *Apparati a contatto continuo*
- 7.1. Scambio termico tra correnti fluide (perfettamente miscelate e monodimensionali): potenza termica scambiata, differenza di temperatura media logaritmica; unità di tra-

sporto; fattore correttivo per contatti diversi dalla controcorrente e dall'equicorrente; applicazioni.

- 7.2. Scambio di materia tra correnti fluide (perfettamente miscelate e monodimensionali): flusso dei componenti chimici scambiati; curve di lavoro e di equilibrio; unità di trasporto; applicazioni.

Principali testi di riferimento:

- FORABOSCHI F.P., *Principi di ingegneria chimica*, UTET, Torino, 1973.
 BIRD R.B., STEWARD W.E., LIGHTFOOT E.N., *Fenomeni di trasporto*, C.E.A., Milano, 1970.
 BRODKEY R.S., HERSHEY H.C., *Transport Phenomena - A Unified Approach*, McGraw-Hill, New York, 1988.
 HELEY E.J., SEADER, J.R., *Equilibrium Stage Separation Operations in Chelucak Engineering*, J. Wiley & Sons, New York, 1981.
 DENN M.N., *Process Fluid Mechanics*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1980.
 MARRO G., *Fondamenti di teoria dei sistemi*, Pàtron, Bologna, 1979.
 PERRY R., *Chemical Engineers' Handbook*, McGraw-Hill, New York, 1986.
 ROSS G., *Computer programming examples for chemical engineers*, Elsevier, Amsterdam, 1987.
The transport phenomena problem solver, REA, New York, 1986.

L'esame consiste in una prova scritta e orale.

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA II

Docente: **Franco P. Foraboschi** prof. ord.

L'Insegnamento ha per oggetto i fondamenti della progettazione generale degli impianti dell'industria di processo

1. Introduzione:
 - 1.1. L'ingegnere chimico e l'industria di processo.
 - 1.2. Produzione, sicurezza e tutela ambientale: considerazioni generali; valutazione d'impatto ambientale; analisi del rischio di incidenti rilevanti; valutazione dei rischi per la sicurezza e la salute nei luoghi di lavoro; valutazione del rischio ambientale; *audit* ambientali e di sicurezza; bilancio ambientale; certificazione ambientale; *ecolabel*.
 - 1.3. La qualità totale: considerazioni generali; metodi statistici per la qualità; qualità e progettazione; sicurezza del prodotto.
2. Controllo degli impianti dell'industria di processo:
 - 2.1. Cenni di teoria dei sistemi.
 - 2.2. Elementi di controllo dei processi.
 - 2.3. Applicazioni: schemi di controllo di apparati e processi industriali.
3. Il trasporto e lo stoccaggio dei fluidi e dei solidi:
 - 3.1. Moto dei fluidi incompressibili: condotte a pressione, correnti a pelo libero, moto in mezzi porosi.

- 3.2. Moto stazionario dei fluidi compressibili: isentropico (ugelli), adiabatico (tubazioni).
- 3.3. Flusso bifase: liquido-gas, fluido-solido.
- 3.4. Componenti dei sistemi di trasporto dei fluidi e dei solidi.
- 3.5. Sistemi di stoccaggio: serbatoi, vasche, depositi e recipienti per gas, sili, cumuli, ecc.
- 3.6. Applicazioni: linee di processo, condotte per liquidi e per gas, linee di trasporto di solidi, linee di blowdown, fognature, sistemi di aerazione degli ambienti di lavoro, reti antincendio, serbatoi per liquidi infiammabili, gasometri, ecc.
4. Elementi di sicurezza dell'industria di processo:
 - 4.1. Rischi per la sicurezza dovuti a: strutture, macchine, impianti elettrici, sostanze pericolose, incendi e/o esplosioni, calamità naturali.
 - 4.2. Rischi per la salute dovuti a: agenti chimici, agenti fisici, agenti biologici.
 - 4.3. Rischi per la sicurezza e la salute dovuti a: organizzazione del lavoro, fattori psicologici, fattori ergonomici, condizioni di lavoro difficili.
 - 4.4. Organi di sicurezza: sfiati e valvole per sovrappressione e depressione; valvole di sicurezza e dischi di rottura; sistemi di soppressione e arresto di fiamma; sistemi antiesplorazione; sistemi di allarme e blocco; sistemi di torcia; impianti di messa a terra; sistemi di protezione elettrica contro i contatti diretti e indiretti; installazioni elettriche a sicurezza; organi di protezione meccanica; dispositivi di protezione individuale.
 - 4.5. Sistemi antincendio e contro la dispersione delle sostanze pericolose: prevenzione; protezione attiva e passiva.
5. Lo sviluppo degli impianti dell'industria di processo:
 - 5.1. Cenni sulle scelte preliminari: prodotto, processo produttivo, potenzialità produttiva, previsioni di sviluppo, ubicazione dell'impianto.
 - 5.2. Organizzazione del progetto: fasi della progettazione, documenti di progetto, norme di legge e di buona tecnica, normalizzazioni tecniche, elementi economici, tecniche di gestione dei progetti, revisione progettuale.
 - 5.3. Schemi di principio: diagramma a blocchi, schema di processo semplificato.
 - 5.4. Schemi quantificati e documentazione di dettaglio: diagramma a blocchi quantificato, schema di processo, schema di marcia (P&I), fogli specifiche apparecchiature e strumentazione.
 - 5.5. Layout: piano di massima, pianta a blocchi, layout dettagliato.
 - 5.6. Documenti finali di progetto: disegni costruttivi degli apparecchi; disegni edili, elettrici, meccanici, strumentali; assonometrie e schizzi di montaggio; disegni di particolari costruttivi; computi metrici; preventivi; programma dei lavori.

Sono messi a disposizione degli studenti gli appunti delle lezioni dove, per ogni argomento, è riportata la bibliografia essenziale.

Esame: consiste in una prova orale e comporta l'uso del personal computer per la soluzione degli esercizi.

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE (vedi 51)

PROPRIETÀ TERMODINAMICHE E DI TRASPORTO

Docente: **Ferruccio Doghieri** ric.

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 Bernoulli; 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.

SCIENZA DEI MATERIALI

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. Trasfor-

mazioni di equilibrio e di non equilibrio e microstruttura dei materiali (segregazione, iniluppi, 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 (vedi 49)**SCIENZA DELLE COSTRUZIONI**Docente: **Giovanni Pascale** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di fornire gli elementi di base della meccanica dei solidi e le metodologie per l'analisi strutturale e per la verifica della sicurezza.

Analisi della deformazione.

La deformazione nell'intorno materiale di un punto appartenente ad un mezzo continuo. Componenti speciali di deformazione: Tensore di deformazione. Invarianti di deformazione. Dilatazione cubica. Stati piani di deformazione. Tensore volumetrico e deviatore di deformazione.

Analisi della tensione.

Il vettore tensione nell'intorno materiale di un punto appartenente a un mezzo continuo: componenti cartesiane e componenti speciali. Equazioni di Cauchy. Componenti principali e direzioni principali di tensione. Circoli di Mohr della tensione. Stati tensionali staticamente ammissibili. Stati biassiali e monoassiali di tensione.

Il problema dell'equilibrio elastico.

Principio dei lavori virtuali (P.L.V.). Leggi dell'elasticità lineare. Isotropia. Leggi di Hooke generalizzate. Incognite, equazioni e metodi di soluzione del problema dell'equilibrio elastico. Teoremi sul lavoro di deformazione: teorema di Clapeyron, teorema di Betti e teorema di Maxwell. Principio di stazionarietà e principio di minimo dell'energia potenziale. Metodo degli elementi finiti (concetti di base).

Il problema di De Saint Venant.

Ipotesi. Impostazione generale. Sforzo normale. Flessione semplice retta e deviata. Torsione. Centro di torsione. Casi particolari: sezioni circolari o a corona circolare, sezioni rettangolari. Taglio-flessione. Centro di taglio. Fattore di taglio.

Materiali e sperimentazione.

Comportamento meccanico dei materiali da costruzione sotto stato di tensione monoassiale e legami costitutivi. Materiali duttili e fragili. Sperimentazione dei materiali e delle strutture.

La sicurezza strutturale.

Valutazione della sicurezza in termini deterministici per stati di tensione monoassiali e pluriassiali. Criteri di crisi: Rankine, Mohr-Coulomb, Tresca, Beltrami, Huber-Mises-Hencky. Valutazione della sicurezza in termini probabilistici. Elementi di analisi limite delle strutture per sollecitazioni flessionali (momenti limite, diagramma momenti-curvature, duttilità, cerniera plastica).

Teoria del cemento armato.

Generalità sulla costruzione in cemento armato. Materiali. Ipotesi della teoria statica. Casi principali di sollecitazione: sforzo normale centrato, flessione retta, taglio, pressoflessione retta.

Instabilità dell'equilibrio elastico.

Metodo statico e metodo energetico. Esempi ad un grado di libertà con elasticità concentrata. L'asta di Eulero. Iperbole di Eulero e snellezza limite. Metodo Omega. Instabilità progressiva.

Esami

L'esame comprende una prova scritta ed una orale. La prova scritta comporta lo svolgimento di esercizi sui seguenti temi:

- Cinematica dei sistemi rigidi: studio analitico e grafico (catene cinematiche). Statica delle strutture isostatiche: studio e grafico (reazioni vincolari, linee delle pressioni, caratteristiche della sollecitazione). Linea elastica. Applicazioni del P.L.V. ai sistemi rigidi per la ricerca di reazioni vincolari e ai sistemi elastici per il calcolo di spostamenti.
- Analisi delle strutture iperstatiche attraverso i metodi delle forze, degli spostamenti.
- Analisi delle strutture iperstatiche attraverso i metodi delle forze, degli spostamenti e il P.L.V. Distorsioni e cedimenti vincolari. Telai a nodi fissi e a nodi spostabili. Determinazione delle caratteristiche della sollecitazione e della deformata elastica.
- Studio analitico e grafico delle proprietà inerziali delle sezioni. Determinazione di stati tensionali in sezioni soggette a sollecitazioni semplici (sforzo normale, flessione, torsione, taglio) o composte. Verifiche di resistenza e di stabilità. Verifiche di sezioni in cemento armato. Calcolo del momento ultimo di sezioni omogenee.

Testi di riferimento:

1. A. DI TOMMASO, *Fondamenti di scienza delle costruzioni*, Pàtron, Bologna.
2. A. CARPINTERI, *Scienza delle costruzioni*, Pitagora, Bologna.
3. E. VIOLA, *Scienza delle costruzioni*, Pitagora, Bologna.
4. O. BELLUZZI, *Scienza delle costruzioni*, Zanichelli, Bologna.
5. E. VIOLA, *Esercitazioni di scienza delle costruzioni*, Pitagora, Bologna.
6. G. PASCALE, *Scienza delle costruzioni: esercizi d'esame svolti*, Esculapio-Progetto Leonardo, Bologna.
7. A. CARPINTERI, *Geometria delle masse*, Pitagora, Bologna.
8. M. CAPURSO, *La statica del cemento armato*, Pitagora, Bologna.

SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI CERAMICI

Docente: **Carlo Palmonari** prof. ord.

Programma

Introduzione all'Insegnamento

La ceramica ed i prodotti ceramici: definizioni, classificazioni. Ceramiche tradizionali e ceramiche speciali.

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.

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, granulometria, caratteristiche reologiche, plasticità, colabilità, caratteristiche termiche, fusibilità, 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 del calore sugli impasti ceramici tradizionali e sui rispettivi manufatti. Cottura del 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, stoviglie, ceramica artistica, refrattari, abrasivi, *porcellane per elettrotecnic*, discuto 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. Ceramiche a base di ossidi, nitruuri, 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.

STRUMENTAZIONE BIOMEDICA (vedi "informaz.")**TEORIA DELLO SVILUPPO DEI PROCESSI CHIMICI**

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 sostanze. 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.

TERMODINAMICA DELL'INGEGNERIA CHIMICA

Docente: **Giulio Cesare Sarti** prof. ord.

Il primo principio della termodinamica per sistemi chiusi e per sistemi aperti. Legami costitutivi per l'energia interna e per l'entalpia di sostanze pure: calori specifici, calori latenti ed il relativo reperimento dai manuali di uso più comune.

Il secondo principio della termodinamica ed il suo ruolo.

Problemi di lavoro massimo/lavoro minimo; ciclo di Carnot.

Vincolo per le equazioni costitutive ammissibili. Questo punto è sviluppato per sistemi con stato termodinamico spazialmente uniforme e con riferimento a diversi tipi di sostanze dotate di composizione uniforme: a) fluidi perfetti, b) fluidi viscosi, c) solidi elastici, d) fluidi dotati di tensione superficiale, e) miscele di fluidi perfetti e di fluidi viscosi, f) sistemi dotati di variabile di stato interna, sistemi reagenti.

Condizioni di stabilità di stati di equilibrio vincolati. Condizioni di stabilità termica e di stabilità meccanica per le equazioni costitutive.

Proprietà termodinamiche di sostanze pure: fluidi viscosi e solidi elastici soggetti solo a deformazioni isotrope.

Dipendenza delle grandezze specifiche, energia interna, entalpia, entropia, energia libera di Helmholtz, energia libera di Gibbs da temperatura e pressione o temperature e densità. Fugacità e sua dipendenza dallo stato termodinamico.

Tensione di vapore: equazione di Clausius e Clapeyron, di Clapeyron. Equazioni di Antoine e di Wagner, loro uso e reperimento dei dati. Problemi di umidificazione e deumidificazione.

Diagrammi termodinamici di stato: temperatura-entalpia, entalpia-entalpia e pressione-entalpia. Applicazioni.

Cicli di potenza e loro rendimento: Ciclo di Rankine, e di Rankine modificato con surriscaldamenti e/o con spillamenti intermedi; cicli in cascata; cicli relativi a motori a combustione interna a scoppio e Diesel; ciclo Joule per turbine a gas.

Cicli frigoriferi a compressione di vapore e cascate di cicli frigoriferi.

Cicli criogenici.

Equazioni costitutive per la pressione: gas perfetti, equazioni viriali; di Bettie-Bridgeman, di Benedict-Webb-Rubin. Relazioni generalizzate di Watson; fattore acentrico di Pitzer e relazioni generalizzate di Lee-Kessler; equazioni basate su uno o due fluidi di riferimento. Equazioni cubiche: van der Waals, Redlick-Kwong, R.K.-Soave, Peng e Robinson. Regole di mescolamento per le proprietà di miscele.

Calcolo di previsione delle diverse proprietà termodinamiche di sostanze pure

a) mediante relazioni generalizzate basate su temperatura ridotta, pressione ridotta e fattore acentrico

b) mediante le equazioni di stato per la pressione R.K.-Soave e Peng-Robinson.

Calcolo di previsione di temperatura critica, pressione critica, volume critico, fattore acentrico e del calore molare di gas ideale basati sui contributi di gruppo.

Terzo principio della Termodinamica.

Termodinamica di miscele.

Grandezze parziali molari; equazione di Gibbs-Duhem e sue applicazioni.

Potenziali chimici, fugacità, attività e coefficienti di attività di composti in miscela.

Miscela ideali; proprietà.

Miscela non ideali.

Energia libera di eccesso; modelli per miscele non ideali: miscele regolari di van Laar miscele regolari di Hildebrand e Scatchard, miscele atermiche, modelli di Flory-Huggins, di Wilson, NRTL e Uniquac; Modelli previsionali: UNIFAC.

Calcolo di proprietà di miscele da equazioni di stato: regole di mescolamento per metodi generalizzati; regole di mescolamento per equazioni di stato cubiche (R.K.S. e P.R.).

Stabilità di stati di equilibrio per miscele. Condizioni di equilibrio fra fasi. Regole delle fasi.

Equilibri liquido-vapore; volatilità relativa; calcolo della temperatura di ebollizione e di rugiada; diagrammi T-x-y, p-x-y; tecniche di correlazione e di previsione basate su modelli di miscele non ideali. Azeotropi: condizioni sufficienti e condizioni necessarie; variazioni con la temperatura. Studio di stadi di separazione a flash.

Equilibri liquido-liquido; tecniche di correlazione e di previsione basate su modelli di miscele non ideali. Equilibri liquido-liquido-vapore.

Equilibri osmotici, innalzamento ebullioscopico e abbassamento crioscopico.

Equilibri chimici.

Richiami di stechiometria; grado di avanzamento di una reazione. Condizione di equilibrio stabile in presenza di una reazione singola; costante di equilibrio, suo calcolo previsionale; variazioni standard di entalpia, entropia e di energia libera di Gibbs. Calcolo di condizioni di equilibrio per sistemi costituiti da miscele di gas ideali, da miscele gassose reali, da miscele liquide ideali e non ideali.

Condizione di equilibrio stabile in presenza di più reazioni simultanee; reazioni chimiche indipendenti, calcolo delle condizioni di equilibrio mediante le equazioni di equilibrio e mediante la ricerca di minimi condizionati.

Condizione di equilibrio stabile in presenza di reazioni chimiche e di più fasi; calcolo di equilibri chimici in presenza di fasi gassose e liquide o solide; pressione di decomposizione di solidi.

I diversi esempi applicativi sono relativi a situazioni tipiche dell'ingegneria chimica e di processo.

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale facoltativa.

Testi di riferimento:

S. SANDLER, *Chemical and Engineering Thermodynamics*, 2^a ed., J. Wiley, 1989.

R. REID, J.M. PRAUSUITZ, P. POLING, *The Properties of Gases and Liquids*, McGraw-Hill, 1990.

M.W. MODELL, R.C. REID, *Thermodynamics and its applications*, Prentice Hall, 1974.

(42) CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE**AERODINAMICA (vedi 49)****ANALISI MATEMATICA I**

Docente:

Preliminari sulle funzioni. Numeri complessi. Successioni, serie numeriche. Funzioni di una variabile reale: limiti e continuità; derivate; integrazione.

Esame: scritto e orale.

ANALISI MATEMATICA IIDocente: **Pier Luigi Papini** prof. ord.

Integrali generalizzati.

Successioni e serie di funzioni.

Calcolo differenziale per campi scalari e vettoriali. Applicazioni del calcolo differenziale.

Curve regolari.

Integrali curvilinei. Integrali multipli. Integrali superficiali.

Sistemi di equazioni differenziali.

Cenni di calcolo delle probabilità.

Testi consigliati:

T. APOSTOL, *Calcolo*, vol. 3, Boringhieri.

Esame: scritto e orale.

Il programma dettagliato dell'Insegnamento distribuito al termine delle lezioni assieme ad indicazioni relative allo svolgimento dell'esame, possono essere richiesti al docente (o alla segreteria del CIRAM, via Saragozza 8).

ARCHITETTURA TECNICADocente: **Claudio Comani** prof. ass.

Disciplina a carattere applicativo fornisce la conoscenza e gli strumenti operativi per la progettazione esecutiva degli elementi tecnologico-costruttivi e per la definizione dei me-

todi di valutazione dei loro livelli di qualità, in rapporto ai requisiti prestazionali, ai principi di lavorazione dei materiali, ai criteri statico-costruttivi e ai processi di realizzazione.

L'insegnamento fornisce inoltre metodologie operative di progettazione di alcune classi di elementi tecnici applicati sperimentalmente su un progetto architettonico.

CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE NUMERICA

Docente: **Fiorella Sgallari** prof. ass.

Scopo dell'Insegnamento

L'Insegnamento si articolerà in due parti:

1. La prima parte si propone di fornire le nozioni e gli strumenti teorici necessari per la soluzione di problemi numerici elencati nel programma sotto riportato.

2. Nella seconda parte verranno realizzati al computer 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 opportuni seminari.

Programma

– Sistemi di equazioni lineari

Metodi diretti e iterativi: algoritmi di base (Gauss, Cholesky, Jacobi, Gauss-Seidel, SOR, ecc.). Metodi per sistemi di grandi dimensioni: metodi del gradiente, metodi del gradiente coniugato, metodi di Krylov (GMRES, BCG, QMR, ecc.).

– Autovalori ed autovettori

Localizzazione degli autovalori. Metodo delle potenze e delle potenze inverse e varianti. Metodi per similitudine: Jacobi, Givens, Householder e Lanczos. Matrici tridiagonali simmetriche. 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, metodi di Newton inesatti.

– 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

Formule di quadratura interpolatorie. Formule di Newton-Cotes. Formule newtoniane composite. Metodo di estrapolazione di Richardson. Formule Gaussiane. Formule di integrazione in più dimensioni (cenni). Formule di 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.

– 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. Principi variazionali. Nozione di soluzione debole. Elementi finiti. Problemi ellittici. Problemi parabolici.

Testi consigliati

Verranno consigliati testi e forniti appunti.

Esami. L'esame consiste in una prova orale.

CARATTERI COSTRUTTIVI E DISTRIBUTIVI DEGLI EDIFICI

Docente: **Gabriele Giacobazzi** ric.

L'Insegnamento, avendo come obiettivo primario quello di fare acquisire agli studenti principi metodologici per la progettazione di spazi architettonici, fornisce strumenti critici per la valutazione del costruito e per la prefigurazione dell'intervento.

L'attenzione progettuale è rivolta all'edificio ma ha come riferimento costante il quadro urbano, nella convinzione che il momento progettuale debba sottendere sempre prefigurazioni di disegno urbano globale.

Il programma dell'insegnamento tende a far verificare allo studente come ogni scelta edilizia possa concorrere alla costruzione di strategie alla scala urbana.

Il taglio è quello analitico, critico e informativo, sempre finalizzato all'intervento edilizio. L'atteggiamento progettuale motiva e sostanzia i diversi argomenti di riflessione critica in cui si articola il programma.

Lezioni, seminari, esercitazioni sono gli strumenti attraverso i quali si attua l'obiettivo formativo prefigurato.

1. Principi e criteri di progettazione edilizia

Architettura e contesto urbano. Lettura progettuale dell'ambiente costruito e degli spazi urbani. L'individuazione delle linee di struttura (analisi e progetto). Le preesistenze come risorse. I vuoti urbani: scelte progettuali per il recupero o la sostituzione.

2. Le scelte di intervento

Problemi e soluzioni progettuali in ordine alle scale di intervento (unità insediativa - organismo edilizio - cellula elementare). Fattori di qualità del progetto. Le variabili della progettazione.

3. La tipologia come metodo di prefigurazione progettuale

I criteri di riduzione tipologica. Come riconoscere e classificare i tipi edilizi. Rapporti fra tipo edilizio e morfologia urbana. Il modello tipologico. Le logiche aggregative.

4. *Complessi insediativi residenziali e quartieri d'abitazione*

Analisi delle caratteristiche di casi significativi in relazione ai provvedimenti legislativi, alle norme ed ai tipi adottati, alla qualità degli interventi.

5. *Lo spazio ufficio, lo spazio per il commercio, lo spazio per l'istruzione: riferimenti essenziali*

Principi progettuali e norme. Schemi distributivi. Casi di studio.

6. *Strumenti e regole della progettazione*

Sistemi di organizzazione dei problemi progettuali (modelli, fasce, aggregazioni). Requisiti e prestazioni. Normative dimensionali e normative prestazionali.

7. *L'edificio come sistema: caratteri costruttivi*

Scomposizione in parti. Soluzioni tecniche, tecnologie e materiali. Principali riferimenti normativi su componenti e materiali. Principi di bioarchitettura. Il controllo della qualità.

8. *Leggi e norme per il progetto*

Le leggi 109 e 216; progetto preliminare, definitivo ed esecutivo. I protagonisti del ciclo edilizio.

9. *La qualità nei processi progettuali*

L'applicazione della Norma EN 9001.

10. *Progetto e tipi edilizi*

L'utilizzazione di tecniche CAD per lo sviluppo di tipologie attraverso lo studio di componenti standardizzati.

Esercitazioni

Progettazione di edificio residenziale

Fase 1 - Normative dimensionali e normative prestazionali

- 1.1. Le regole per la progettazione di U.A. proprie della residenza.
- 1.2. Il dimensionamento delle U.A.
- 1.3. Scelta dell'informazione tecnica su componenti e normative di riferimento (redazione di una relazione).

Fase 2 - Analisi progettualmente orientate

- 2.1. Scelta di uno schema applicativo.
- 2.2. Sperimentazione analitica su alcuni casi significativi.
- 2.3. Il progetto: - localizzazione del lotto in rapporto all'insediamento urbano e rispetto al sistema di viabilità, rete dei servizi, sistema del verde, ecc. (scelte alla scala dell'U.I.); - scelte progettuali relativamente al O.E. (accessibilità, reti, aggregazione degli alloggi, ecc.); - abato dei tipi e dei tagli.

Fase 3 - Varianti progettuali da sviluppare individualmente

- 3.1. Accessibilità, adattabilità e visitabilità (applicazione della Legge 13).
- 3.2. Caratteristiche per la residenzialità degli anziani.
- 3.3. Flessibilità d'uso e varianti distributive e dimensionali degli alloggi. Verifica delle

trasformazioni compatibili: ampliamenti, sopraelevazioni, diradamenti. Modifica delle destinazioni d'uso.

3.4. Alternative strutturali e/o dell'intero sistema costruttivo.

3.5. Applicazione dei principi della bioedilizia.

Nota

La bibliografia di riferimento è disponibile presso la biblioteca dell'Istituto di Architettura e Urbanistica.

CHIMICA (vedi 49)

Docente: **Maurizio Fiorini** ric.

CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI

Docente: **Guido Gottardi** ric.

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.

Costruzione di Strade, Ferrovie ed Aeroporti

Docente: **Alberto Bucchi** prof. ord.

Problematiche di progettazione delle infrastrutture viarie.

Strade, Ferrovie, Aeroporti. Classifica delle strade. Enti gestori delle strade. Dati statistici sui veicoli circolanti e sulla sinistrosità. Ripartizione modale del traffico.

Problemi della sicurezza e dell'ambiente.

Il comportamento umano. Il rapporto veicolo-uomo-strada. Analisi del rischio. Nuovo approccio metodologico progettuale.

Traffico.

Indici di traffico. Capacità. Flussi. Velocità. Relazioni fra portata, densità, velocità. Indagini di traffico.

Progetto della Sezione Stradale.

Assegnazione del traffico alla rete. Condizioni di traffico. Livelli di servizio. Autostrade. Strade ordinarie. Elementi di riduzione della capacità (elementi geometrici e traffico pesante). 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.

Norme C.N.R. n. 77. Legge Merloni. Le fasi del progetto. Cartografia. Rilievi topografici. Tracciolino, rettificca, profilo, sezioni, opere d'arte, opere minori. Calcolo delle sezioni. Computo metrico.

Equazione del moto.

Resistenze in rettilineo ed orizzontale, per pendenza, per forze di inerzia, per curve. Sforzo di trazione. Sforzo di aderenza. Determinazione della pendenza massima.

Curve.

Raggio minimo. Pendenza trasversale. Allargamento. Visibilità. Raccordi planimetrici.

Norme C-N.R. Raccordi altimetrici. Studio dell'asse. Coordinamento piano-altimetrico.

Corpo stradale.

Geometria del solido stradale. Calcolo dei volumi. Costo del trasporto. Compenso longitudinale e trasversale. 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.

Geotecnica stradale.

Problematiche di rilevati e trincee. Compressibilità. Resistenza al taglio. Indagini in sito. Stabilità delle scarpate. Opere di consolidamento.

Spinta delle terre.

Equilibrio delle terre. Coulomb. Rankine. Spinta attiva e passiva. Casi particolari. Sovraccarico. L'ostruzione di Poncelet. Metodo di Resal. 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. Terra rinforzata.

Gallerie.

Problematiche. Nuovo approccio progettuale. Sezioni. Classifica rocce. Carichi agenti e parametri geotecnici. Calcolo rivestimento. Sostegni provvisori. Fasi esecutive. Metodo NATM.

Sistemi tradizionali. Metodo Belga, Austriaco, Scudo.

Ferrovie.

Sovrastruttura: elementi compositivi e materiali. Scartamento. Rotaie. Traversine. Base e sottobase. Stazioni. Alta Velocità: scelta progettuale e attuali realizzazioni.

Aeroporti

Tipi di aerei. Ubicazione. Elementi dell'area aeroportuale. Lunghezza piste di volo. Classifica aeroporti. Orientamento delle piste. Spazi liberi attorno alle piste.

Sovrastrutture stradali.

Tipologie. Problematiche. Strati superficiali. Strati di base (conglomerato bituminoso, misto cementato, miscele catalizzate). Strati di fondazione (stabilizzato granulometrico, stabilizzazione a calce ed a cemento). Pavimentazioni rigide: tipologie, materiali, giunti. 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, AASHU. Metodi razionali: Bisar, Ivanov. Calcolo delle sovrastrutture rigide. Catalogo delle sovrastrutture.

Prove sui materiali stradali.

Materiali lapidei (prove geometriche, fisiche, meccaniche). Bitumi (prove chimiche, di consistenza e reologiche). Emulsioni bituminose (composizione e caratterizzazione).

Testi consigliati:

TESORIERE, *Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti.*

FERRARI e GIANNINI, *Costruzione 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 pratico - applicativo nella progettazione esecutiva di un tronco stradale e nella valutazione del suo costo.

COSTRUZIONE DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI II

Docente: **Giulio Dondi** prof. ass.

1. Costruzione dei rilevati e delle trincee.

Stabilità del piano di posa: carichi di rottura e di plasticità; cedimenti immediati e differiti.

Stabilità delle scarpate: tecniche di verifica, metodi di Fellenius e Bishop, determinazione del miglioramento della stabilità mediante berlinesi tirantate e verifica dei tiranti. Consolidamento dei piani di posa e delle scarpate. Problemi di addensamento. Prove Proctor e CBR.

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 Me.

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 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.

1.3. Tecniche speciali

Rilevati alleggeriti per terreni soffici: impiego dell'argilla espansa, di poliuretano.

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.

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, filler. Il metodo SHRP: studio dei conglomerati bituminosi con pressa giratoria, RTFOT, pressure aging vessel bending beam rehometer. Reologia dei conglomerati bituminosi: prove dinamiche, prove di creep, modulo complesso, influenza della temperatura e della frequenza. Sovrastrutture rigide: progettazione dei conglomerati cementizi: % di cemento, inerti, acqua: Resistenza, confezione, posa e giunti.

2.2. 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, fatto-

ri 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: deflettometro, trave di Benkelman.

3. Opere d'arte

3.1. Opere di sostegno delle terre

3.1.1. 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.

3.1.2. 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.

3.1.3. Terre rinforzate

Caratteristiche delle terre rinforzate. Macrorinforzo e microrinforzo: criteri di calcolo: verifiche di stabilità esterne ed interne, cuneo attivo e passivo, altezza limite, lunghezza minima dei rinforzi. Esempi applicativi: tecnica wraparound, Terre Armate, Textomur, Conwall. Modalità di messa in opera

3.2. Sottovia scatolari a spinta

Campi d'impiego. Caratteristiche geometriche e strutturali: scatolare, platea di varo, muro reggispinga. Criteri di calcolo: spinta in fase di varo e di esercizio.

4. 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: classifica dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski, Rabcewicz-Pacher, Adeco RS; Rivestimenti: rivestimento provvisorio e definitivo, criteri di calcolo, tipologie costruttive. Gallerie sotto falda. Consolidamenti del fronte di scavo in condizioni difficili. Impianti di ventilazione. Controlli in fase di realizzazione.

5. 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 di Catasto stradale.

5.1. Pavimentazioni ad elevata aderenza

Conglomerati bituminosi drenanti e fonoassorbenti. Conglomerati bituminosi antiskid. Conglomerati bituminosi tipo splitmastixasphalt.

5.2. 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 impatto (crash tests).

6. 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'aeroporto e dell'aereo. Calcolo delle sovrastrutture flessibili e rigide.

7. 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 e 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.

COSTRUZIONI IDRAULICHE

Docente: **Armando Brath** prof. straord.

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: irrigazione 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

Docente: **Pier Paolo Diotallevi** prof. straord.

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 struttu-

ra. 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 pannelli, 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'interazione 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

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 ma-

re; 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 controllo 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 DELLE STRUTTURE

Docente: **Erasmus Viola** prof. ord.

Premesse

Richiami sulla cinematica dei corpi rigidi. Principio di D'Alembert. Equazioni di Lagrange.

Dinamica dei sistemi discreti ad un grado di libertà

Oscillatore semplice a più gradi di libertà. Equazioni del moto in termini di spostamenti assoluti e relativi. Oscillazioni libere. Analisi modale. Rapporto di Rayleigh. Ortogonalità dei modi. Coordinate principali: disaccoppiamento delle equazioni del moto. Oscillazioni libere con smorzamento. Oscillazioni forzate. Oscillazioni dovute a spostamenti impressi.

Cenni sull'identificazione delle strutture.

Dinamica delle travi

Vibrazione longitudinale della trave: equazioni del moto, soluzione e modi normali di vibrazione. Vibrazione forzata. Analisi modale. Oscillazioni libere e forzate del cavo inestensibile. Trave su letto di molle e smorzatori.

Vibrazioni libere e forzate della trave inflessa: equazioni del moto, soluzioni, modi normali e vibrazione. Trave appoggiata agli estremi ed altre condizioni di vincolo. Principio di ortogonalità dei modi normali. Analisi modale. Mensola sollecitata da eccitazione sismica.

Travi a mensola con sola deformabilità tagliante e con sola deformabilità flessionale.

Equazioni di equilibrio, congruenza e legame per la piastra. Equazioni del moto. Schema delle teorie fisiche. Rapporto generalizzato di Rayleigh. Metodo dei modi assunti.

Principio di Hamilton

Richiami sul teorema della divergenza e sulla regola di integrazione per parti nello spazio n -dimensionale. Principio di Hamilton ed azione Hamiltoniana. Dimostrazione del principio di Hamilton per lo stato monoassiale. Applicazioni ai solidi strutturali.

Onde elastiche

Equazioni indefinite di equilibrio in termini di spostamenti: notazioni estesa ed operatoriale nel caso statico ed in quello dinamico. Operatori di equilibrio, di congruenza e di elasticità. Onde tridimensionali, da taglio e longitudinali.

Analisi matriciale delle strutture ed elementi finiti

Matrice di rigidità a sforzo assiale. Matrice di rigidità a flessione e funzioni di norma. Matrice di rigidità di molle in serie. Discussione generale del sistema di equazioni con ripartizione della matrice di rigidità in funzione delle condizioni al contorno. Matrice di rigidità espansa. Determinazione delle matrici di massa, di smorzamento e di rigidità attraverso il principio dei lavori virtuali. Applicazione alla trave sollecitata a sforzo assiale.

Analisi armonica

Serie di Fourier. Funzioni pari e dispari. Serie complesse. Trasformata ed antitrasformata di Fourier. Trasformata di Fourier della derivata. Funzione di trasferimento.

Dinamica aleatoria

Esperimento casuale. Variabile aleatoria discreta e continua. Istogramma e poligono delle frequenze. Inferenza dal campione alla popolazione. Probabilità e frequenza. Funzioni di densità e di ripartizione. Media e varianza di una variabile aleatoria.

Processi stocastici. Media di insieme e media temporale. Covarianza e correlazione. Tecniche di caratterizzazione dinamica. Segnali deterministici e casuali. Energia e potenza di un segnale. Determinazione del valor quadratico medio della risposta di un sistema lineare. Eccitazione e risposta nodali e modali di un sistema ad n gradi di libertà.

Sperimentazione dinamica delle strutture

Prove dinamiche per l'analisi del comportamento d'insieme, con eccitazione forzata e impulsiva. Strumentazione per il rilievo delle vibrazioni. Determinazione delle frequenze e delle forme modali. Prove microsismiche, in campo sonico ed ultrasonico, per la determinazione delle costanti elastiche dinamiche e per il rilievo di anomalie e difetti localizzati nei materiali.

Alcuni testi di dinamica

- W.C. HURTY, M.F. RUBINSTEIN, *Dynamics of Structures*, Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1964.
- D.G. FERTIS, *Dynamics and Vibrations of Structures*, John Wiley & Sons, New York, 1973.
- S. TIMOSHENKO, D.H. YOUNG, W. WEAVER, *Vibration Problems in Engineering*, John Wiley & Sons, New York, 1973.
- C. GARAVINI, *Dinamica delle strutture*, ESA, Roma, 1978.
- M. PAZ, *Dinamica strutturale*, Libreria Flaccovio Editrice, 1985.
- A. CASTIGLIONI, *Introduzione alla dinamica delle strutture*, Masson Italia Editori, Milano, 1978.
- F. CESARI, *Metodi di calcolo nella dinamica delle strutture*, Pitagora Editrice, Bologna, 1993.

Testi utili per la dinamica aleatoria

- S.H. CRANDALL, W.D. MARK, *Random Vibration in Mechanical Systems*, Academic Press, New York, 1973.
- L. FARAVELLI, *Sicurezza strutturale*, Pitagora editrice, Bologna, 1988.
- E. VIOLA, *Introduzione all'analisi probabilistica delle strutture*, Pitagora Editrice, Bologna, 1986.

DISEGNO

Docente: **Ottorino Marinoni** ric.

Finalità dell'Insegnamento: 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.

Il programma dell'Insegnamento si articola sui seguenti principali argomenti teorici.

- Fini del disegno tecnico. Il disegno a mano libera e geometrico. Strumenti. Norme ed unificazioni. Tecniche di riproduzione dei disegni.
- Scale (planimetrie, rappresentazioni d'insieme, particolari ecc.). Quotatura del disegno.
- Figure piane: curve notevoli, raccordi, archi policentrici.
- La geometria proiettiva grafica. Proposizioni fondamentali. Operazioni fondamentali.
- Proiezioni ortogonali. Metodo della doppia proiezione. Metodi di proiezioni multiple.
- Gli enti fondamentali. Condizioni di appartenenza, parallelismo, ortogonalità.
- Sezioni piane. Superfici semplici e complesse. Innessi e raccordi di superfici.
- Sezioni piane del cono. Omologia. Corrisp. omologica con la circonferenza. Sezioni del cilindro.
- Proiezioni oblique. Teoria delle ombre di applicazioni. Ombre tecniche.

- Proiezioni quotate. Planimetria, profilo.
- Assonometria (ortogonale e obliqua). Assonometrie unificate. Ombre in assonometria.
- Prospettiva concorrente (frontale ed accidentale).
- Metodi delle proiettanti, della pianta prospettica e dei punti di misura.
- Ombre in prospettiva.
- Restituzione grafica di oggetti tridimensionali tramite la prospettiva.
- Il disegno di progetto. Planim. catastali. Planivolumetrico.
- Rappresentazione di edifici con caratteri tipologici tradizionali e moderni.
- Disegno di strutture edilizie, di particolari costruttivi o elementi di completamento.

Esercitazioni

Gli studenti sono tenuti a esercitarsi nell'uso delle tecniche grafiche e proiettive, nonché nel disegno a mano libera. Le esercitazioni sono suddivise in tre moduli:

- 1° Modulo: *Esercizi di proiezione* in tavole di formato A3 ;
- 2° Modulo: *Esercizi di disegno tecnico* in tavole di formato UNI;
- 3° Modulo: *Esercizi a mano libera* su un apposito quaderno.

Testi

Testi base (a cui si fa riferimento nel corso delle lezioni):

- 1) R. BALLETTI, V. VALERIANI, *Disegno tecnico*, Bologna, Editore Pitagora, 1989.
- 2) M. DOCCI, *Manuale di disegno architettonico*, Bari, Editore Laterza, 1992.
- 3) AA.VV., *Manuale dell'architetto*, Roma, Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1962.

Testi di approfondimento:

- 4) M. VILLA, *Elementi di proiezione grafica, geometria descrittiva, nomografia*, Padova, Editore Cedam, 1969.
- 5) M. DOCCI, R. MIGLIARI, *Scienza della rappresentazione*, Bari, Editore Nuova Italia Scientifica, 1992.

Esame: scritto e orale.

DISEGNO II

Docente: **Roberto Mingucci** prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento: svolto attraverso lezioni ed esercitazioni strettamente connesse, l'esperienza diretta sul disegno dovrà essere il più possibile continua, le lezioni assumono, parallelamente, una funzione di esempio e di stimolo, descrivendo i connotati che la disciplina può assumere nelle varie fasi.

Le lezioni teoriche sono quindi correlate ad esempi concreti che permettano di comprendere e confrontare l'uso dei vari sistemi grafici possibili, in funzione dei fini scelti: esse si propongono di permettere l'analisi dei sistemi di rappresentazione legati all'archi-

tettura nei vari casi, siano essi rappresentazione di funzioni, di sistemi costruttivi di riferimento, o problematiche aperte dai contenuti alle varie scale operative.

Parte prima

Lettura e rappresentazione. Approccio ai problemi della rappresentazione del territorio e dell'esistente. Si vuole mostrare come il disegno copra un ampio campo di conoscenza dei fenomeni esistenti, da quelli urbani rappresentabili a volte con operazioni astratte, a quelli del rilievo su cui l'insegnamento punta in maniera particolare, per mostrare come un rilievo adatto possa, sia innescare un fondamentale processo di conoscenza, sia servire di base per successive operazioni progettuali.

Parte seconda

Le diverse scale dell'intervento progettuale. In questa parte vengono specialmente identificati i sistemi di rappresentazione dell'elemento da costruire e non ancora esistente, della materia con cui sarà realizzato e della forza che dovrà assumere. Si vuole mostrare come ogni sistema di progetto, anche in passato, corrispondesse ad un sistema costruttivo, e come quindi il disegno precostituisca, con la sua forza di indagine e di rappresentazione, le soluzioni finali volute, sia in termini di architettura, che di funzioni e di organizzazione dello spazio di scelta dei particolari costruttivi e di organizzazione del processo tecnologico scelto. Ad esempio: rapporti tra tipologie edilizie e scelte progettuali; rapporti tra dimensioni; scomposizione degli elementi funzionali e architettonici; lettura analitica di serie di disegni esecutivi; sistemi di quotatura utili ai vari sistemi compositivi; progettazione e organizzazione dei disegni esecutivi; il disegno della progettazione.

Parte terza

L'uso degli strumenti di elaborazione della rappresentazione dello spazio. Questa parte, di per sé applicativa, intende fornire quelle basi propedeutiche, inalienabili, del patrimonio di conoscenze legate al disegno. La relazione tra i diversi argomenti vuole ricondurre gli esempi ad un unico filo conduttore che, tessendo l'interscambio continuo tra le diverse tecniche, permetta in concreto il passaggio tra la geometria ed il suo uso a fini applicativi, ed i diversi modi di generare ed esperire lo spazio.

Ad esempio: elementi fondamentali per l'elaborazione di prospettive; scelta del sistema idoneo al caso in oggetto; uso pratico di prospettive e disegni assometrici; elementi di teoria delle ombre; uso pratico della fotografia come coadiuvante nel rilievo e nel disegno di progetto.

Nelle *esercitazioni* si vuole evidenziare il processo di scelte da compiere in una operazione applicativa. Esse tendono quindi ad accogliere nel loro complesso tutte le fasi e le forme in cui si attuano le del disegno. Il rilievo e la preparazione al progetto sono visti come processi dello stesso ordine, anche se, per così dire, di senso inverso: l'uno è verifica dell'altro, l'altro è ipotesi del precedente; dal primo e dai problemi che schiude e nello stesso tempo risolve, prendono le mosse le successive fasi dell'esercitazione, che diventa così un momento grafico non fine a se stesso, ma logica traduzione in una fase chiaramente leggibile e con contenuti precisi, specificati di volta in volta.

Esame: scritto e orale.

ELETTROTECNICA

Docenti: **Fiorenzo Filippetti** prof. ass.

Riccardo Miglio prof. ass.

L'Insegnamento si propone di fornire all'allievo civile le nozioni fondamentali per poter affrontare, nella sua attività professionale, la soluzione di usuali problemi di tecnica elettrica, come, ad esempio, saper indicare le specifiche per un contratto di energia o per la commissione di una apparecchiatura elettrica, la scelta del trasformatore o del motore elettrico più opportuno, il dimensionamento di una breve linea in cavo per allacciare alla rete di distribuzione le apparecchiature elettriche del cantiere, il progetto di un semplice impianto di forza motrice o di illuminazione, ecc.

L'Insegnamento, infine, intende far acquisire agli allievi le conoscenze fondamentali sulla sicurezza elettrica.

Circuiti elettrici lineari a parametri concentrati in regime stazionario. Reti elettriche in regime variabile quasi-stazionario. Cenni ai fenomeni transitori. Circuiti elettrici in regime sinusoidale. Rifasamento e risonanza elettrica. Sistema trifase simmetrico ed equilibrato, simmetrico e squilibrato, a quattro fili.

Circuiti magnetici lineari e non lineari in regime stazionario e sinusoidale.

Trasformatori: generalità costruttive e principio di funzionamento, equazioni, circuiti equivalenti, funzionamento a vuoto e in corto circuito, perdite e rendimento, variazione di tensione. Trasformatore trifase. Autotrasformatore. Parallelo dei trasformatori.

Macchine rotanti: generalità costruttive. Campi magnetici rotanti e realizzazioni costruttive. Distribuzione spaziale del flusso. Avvolgimento trifase a due o più poli e f.e.m. indotte da un campo a distribuzione sinusoidale. Diagramma di f.m.m. relativo ad una distribuzione trifase di corrente. Condizioni necessarie e sufficienti per la coppia al traferro.

Macchine asincrone: generalità. Funzionamento a carico, a vuoto e in corto circuito. Equazioni e circuiti equivalenti. Coppia, perdite e rendimento. Motori a gabbia. Problemi di avviamento. Regolazione della velocità.

Macchine sincrone: generalità. Funzionamento a vuoto e a carico.

Macchine a corrente continua: generalità. Funzionamento, equazioni, caratteristiche elettromeccaniche, regolazione della velocità. Generalità sugli impianti elettrici e loro costituzione. Cenni sulle centrali elettriche e sulle fonti energetiche. Cenni alle linee lunghe ad alta tensione. Linee corte: circuito equivalente, caduta di tensione, rifasamento.

Apparecchiature degli impianti: di comando, di manovra, di protezione, di misura.

Le condizioni del neutro nelle reti trifasi ad A.T., M.T. e B.T.

Costituzione e criteri di dimensionamento delle reti di distribuzione a bassa tensione.

Interruttori automatici e relè differenziali.

Sicurezza elettrica: protezione contro gli infortuni, riferimenti normativi, effetti fisiologici della corrente, messa a terra di protezione e sue modalità.

Testi consigliati:

Appunti informali dei docenti.

R. MIGLIO, *Circuiti elettrici in corrente continua*, Progetto Leonardo, Bologna.

R. MIGLIO, *Trasformatori monofasi, trifasi e speciali*, Progetto Leonardo, Bologna.

R. MIGLIO, *Circuiti elettrici in regime variabile*, Progetto Leonardo, Bologna.

R. MIGLIO, *Macchine elettriche rotanti*, Progetto Leonardo, Bologna.

F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica generale*, Ed. Pitagora, Bologna.

F. ILCETO, *Lezioni di Elettrotecnica*, vol. III, *Elementi di Impianti elettrici*, Ed. La Goliardica, Roma.

Esame: scritto e orale.

ELETTROTECNICA II (vedi 51)

ESTIMO

Docente: **Alberto Corlaita** prof. ord.

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'economia 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 interdipendenze 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. MICHEL, *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 I

Docente: **Stefano De Castro** ric.

Finalità dell'Insegnamento:

- fare capire secondo quale logica la Fisica utilizza ed interpreta i fatti sperimentali, ricavandone schemi e leggi;
- fare acquisire una buona padronanza dell'uso di alcuni concetti fisici fondamentali;
- dare un quadro unitario dei Principi della meccanica classica e della termodinamica.

*Programma sintetico dell'insegnamento***1. Introduzione e calcolo vettoriale**

Leggi fisiche. Grandezze fisiche e loro misure: unità e dimensioni. Misurazioni e strumenti. Errori casuali e sistematici. Vettori liberi e applicati: loro proprietà e rappresentazioni. Operazioni con i vettori. Momenti polare e assiale. Sistemi di vettori applicati. Derivazione ed integrazione di vettori. Gradiente e rotore.

2. Meccanica

Sistemi di riferimento. Punto materiale. Equazioni del moto. Spostamento, velocità e accelerazione. Velocità e accelerazione angolari. Studio di alcuni semplici moti. Cinematica dei sistemi rigidi. Moto relativo. Concetto di forza. Il I° Principio e i sistemi di riferimento inerziali. Il II° Principio: massa inerziale e massa gravitazionale. Reazioni vincolari. Quantità di moto e momento della quantità di moto. Impulso e momento dell'impulso. Studio di alcuni semplici problemi di dinamica del punto materiale. Forze inerziali: moti relativi alla Terra. Cenni sulle interazioni fondamentali e sulla relatività ristretta. Lavoro ed energia. Energia potenziale e campi conservativi. Energia cinetica. Conservazione del-

l'energia meccanica. Forze non conservative. Il III° Principio. Urti e forze impulsive. Equazioni cardinali. Centro di massa e sue proprietà. Momenti di inerzia e loro calcolo. Dinamica dei sistemi rigidi.

3. Termodinamica

Coordinate macroscopiche. Equilibrio termodinamico. Concetto di temperatura e termometri. Equazioni di stato. Lavoro termodinamico. Trasformazioni quasi statiche e reversibili; condizioni per la reversibilità. Gas reali ed ideali. Energia interna. Il I° Principio. Concetto di calore. Capacità termica. Conversione di energia meccanica in energia interna e viceversa. Macchine termiche e frigorifere. Il II° Principio. Ciclo e teorema di Carnot. Concetto di entropia. Entropia, reversibilità e irreversibilità. Energia degradata. Energie libere. Elementi per una interpretazione microscopica.

Testi consigliati:

- S. FOCARDI, I. MASSA, A. UGUZZONI, *Fisica I*, Editrice Pitagora.
 M. BRUNO, M. D'AGOSTINO, M.L. FLANDRI, *Esercizi di Fisica I*, Editrice Clueb, Bologna.
 A. BETTINI, *Meccanica e termodinamica*, Editrice Decibel, Zanichelli.
 R. RESNICK, D. HALLIDAY, V.S. KRANE, *Fisica I*, Editrice Ambrosiana.
 S. ROSATI, *Fisica generale*, Editrice Ambrosiana.

Esercitazioni: costituiscono parte integrante dell'insegnamento.

Esame: una prova scritta più una prova orale.

Propedeuticità consigliare: Analisi matematica I, Geometria e Algebra.

FISICA GENERALE II

Docente: **Mauro Bruno** prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento

Fornire gli elementi di base di elettromagnetismo e di ottica, sottolineando gli aspetti unitari della Fisica. Trattare le principali applicazioni ed eseguire alcuni problemi.

Programma schematico

Campo elettrostatico nel vuoto: carica elettrica e legge di Coulomb. Legge di Gauss. Potenziale elettrostatico. Energia elettrostatica.

Campo elettrostatico nella materia: conduttori, condensatori e dielettrici. Carica di polarizzazione. Vettore P e campo di induzione elettrica D .

La corrente elettrica stazionaria: Principio di conservazione della carica elettrica. Legge di Ohm. Effetto Joule.

Interazioni magnetiche: Legge di Biot e Savart. Campo di induzione magnetica e sue equazioni. Potenziale magnetico.

Magnetizzazione della materia: Equazioni del campo \vec{M} . Campo \vec{B} nella materia. Il campo \vec{H} . Materiali diamagnetici, paramagnetici e ferromagnetici. Induzione elettromagnetica: Legge di Faraday. Forza di Lorentz. Correnti indotte. Energia magnetica. Trasformatori di tensione.

Circuiti con diversi componenti (R, C, L).

Onde elastiche: Equazione delle onde. Equazione di d'Alembert. Velocità di fase e di gruppo. Effetto Doppler.

Le equazioni di Maxwell ed i campi d'onda: La corrente di spostamento. Soluzioni delle equazioni di Maxwell nel vuoto. Onde elettromagnetiche. Vettore di Poynting.

Ottica geometrica: Principio di Fermat. Sistemi ottici: specchi sferici, diottri, lenti.

Ottica fisica: Interferenza della luce. Principio di Huygens-Fresnel. Coerenza. Diffrazione da una fenditura. Diffrazione di Fresnel. Polarizzazione lineare, circolare ed ellittica.

Cenni di Fisica Quantistica: Radiazione di corpo nero. Quantizzazione della luce e legge di Plank. Effetto fotoelettrico. Effetto Compton. Dualismo onda-Corpuscolo di de Broglie. Principio di indeterminazione di Heisemberg.

Testi consigliati:

C. MORONI, *Lezioni di elettromagnetismo e ottica*, ed. Pitagora.

F. AMALDI, R. BIZZARRI, G. PIZZELLA, *Fisica generale*, ed. Zanichelli.

M. ALONSO, E.J. FINN, *Elementi di Fisica per l'Università*, ed. Addison-Wesley.

NENCUCINI, SILVESTRINI, *Fisica II*, ed. Liguori.

Esame: una prova scritta (problema di elettromagnetismo o ottica) più una prova orale sugli argomenti svolti.

Propedeuticità consigliare: Analisi matematica II, Fisica I.

FISICA TECNICA

Docente: **Adriano Vaccari** prof. ass.

Sistemi di misura

Sistema Internazionale, sistema CGS, sistema Tecnico Europeo, sistema Tecnico Anglosassone; conversioni tra le varie unita di misura.

Complementi di termodinamica

Bilancio di energia per sistemi chiusi. Bilancio di energia per sistemi aperti ad una o più correnti: bilancio di entalpia.

Equivalenza degli enunciati del II principio secondo Kelvin e Clausius; trasformazioni internamente e completamente invertibili; disequaglianza di Clausius; teorema dell'aumento dell'entropia.

Esercizi numerici sul lavoro massimo e sul lavoro minimo.

Convenienza della cogenerazione. Ciclo Rankine; Ciclo Frigorifero con compressore e ad assorbimento; Pompa di Calore; Ciclo Otto, Ciclo Diesel.

Meccanica dei fluidi

Equazione di Bernoulli; bilancio di energia meccanica per il sistema aperto in condizioni stazionarie o mediamente stazionarie.

Applicazioni, trascurando le perdite: efflusso di liquidi da serbatoi; efflusso di aeriformi da serbatoi ad alta pressione.

Fluidi newtoniani e non; bilancio di quantità di moto; casi semplici di profili di velocità in moto laminare stazionario newtoniano su parete piana ed in tubo cilindrico. Tensore degli sforzi, sua simmetria; principio di sovrapposibilità degli effetti.

Sistema di tensioni piane: variazioni delle tensioni al variare dell'angolo; circolo di Mohr; caso di compressione-trazione uguali in modulo ed in direzioni perpendicolari.

Relazioni tra tensioni tangenziali e derivate della velocità per fluidi newtoniani.

Punto di vista dell'osservatore fisso (Eulero) e dell'osservatore in moto con il fluido (Lagrange). Equazione di continuità secondo Eulero e secondo Lagrange; significato fisico della divergenza della velocità: caso particolare dell'effetto isotropo: velocità di deformazione lineare pari ad un terzo di quella volumetrica.

Definizione di pressione come media delle tre tensioni normali. Scomposizione delle tensioni normali in un effetto isotropo ed in tre effetti di compressione-trazione. Relazione tra modulo di compressione-trazione e velocità di deformazione lineare.

Somma dei tre effetti che causano velocità di deformazione lineare. Relazioni tra tensioni normali e derivate della velocità per fluidi newtoniani.

Equazioni generali della meccanica per fluidi isotermi in termini di tensioni sia secondo Eulero che secondo Lagrange. Introduzione delle relazioni tra tensioni e derivate della velocità per fluidi newtoniani.

Equazioni generali della meccanica dei fluidi isotermi newtoniani, semplificazione per viscosità e densità costanti, equazioni di Navier-Stokes: esempio di soluzione diretta.

Similitudine dinamica, numeri di Reynolds e Froude

Moto mediamente stazionario: influenza delle condizioni iniziali sulle grandezze mediate nel tempo. Turbolenza, velocità mediate nel tempo, cenno alle tensioni turbolente; significato fisico del vettore vortice; moti rotazionali ed irrotazionali.

Perdite di carico nelle tubazioni; perdite distribuite ed accidentali; perdite in funzione del numero di Reynolds, della scabrezza e della geometria; metodo di calcolo di una rete di tubazioni; applicazioni numeriche; scelta della pompa o del compressore; calcolo di un ammortamento; scelta della soluzione più economica tra quelle possibili. Calcolo di una condotta nel caso di fluido comprimibile, caso del metano dotto. Resistenza al moto di oggetti immersi; coefficienti di resistenza; soluzione di Stokes per le sfere; applicazione al caso di un veicolo.

Moto dei liquidi in letti filtranti, equazione di Kozeny. 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. Applicazioni alla conduzione stazionaria in mezzi omogenei isotropi con simmetria piana e cilindrica.

Equazione di Fourier quale forma semplificata dell'equazione dell'energia; applicazione alla conduzione non stazionaria in simmetria piana in mezzo omogeneo isotropo: soluzione mediante la funzione degli errori.

Convezione forzata e naturale; modifica delle equazioni di Navier-Stokes nella con-

vezione naturale per tener conto delle forze di galleggiamento. Similitudine dinamica per le equazioni che regolano la convezione forzata e naturale; numeri di Prandtl, Grashof, Nusselt. Calcolo dei coefficienti di convezione mediante relazioni sperimentali adimensionali; coefficiente globale di scambio termico; applicazioni numeriche; calcolo del raffreddamento lungo una tubazione.

Coefficienti di scambio per convezione nel caso di liquidi condensanti od evaporanti: alcuni dati sperimentali.

Leggi dell'irraggiamento; corpi opachi e trasparenti, neri e grigi; coefficienti angolari tra corpi, 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.

Testi di riferimento

BIRD, STEWART, LIGHTFOOT, *Fenomeni di trasporto*.

GIULIANINI, *Fisica tecnica*.

FONDAMENTI DI INFORMATICA

Docente: **Michele Favalli** ric.

Architettura dei sistemi di elaborazione: Struttura generale di un calcolatore elettronico. La macchina di Von Neumann. La rappresentazione delle informazioni nei sistemi di elaborazione. Rappresentazione interna dei numeri ed errori. Codici.

Software di base per sistemi di elaborazione: Il sistema operativo. Il sistema operativo Ms-DOS: comandi principali. Ambienti di programmazione: editor, debugger, compilatori ed interpreti. Fasi per l'esecuzione di un programma.

Elementi di programmazione: Metodi per l'analisi di un problema. Definizione, proprietà e rappresentazione degli algoritmi di risoluzione. Metodologia di sviluppo top-down e bottom-up. Metodologie di programmazione strutturata e modulare. Iterazione e ricorsione. Complessità degli algoritmi (cenni).

Il linguaggio C: il linguaggio C. Alfabeto e sintassi del C. Tipi di dato scalari e strutturati. Espressioni. Dichiarazione di costanti, variabili e loro tipo. Istruzioni di assegnamento e di ingresso/uscita. Istruzioni composte, condizionali e cicli. L'istruzione di salto incondizionato. Funzioni e procedure. Tecniche di passaggio dei parametri. Regole di visibilità e tempo di vita. Il modello del C (cenni). Librerie standard. Gestione dei file. Modularità in C.

Strutture dati: Tecniche per la gestione di tabelle, liste, pile, code, alberi, grafi e loro realizzazione in C.

Elementi di calcolo numerico: Interpolazione (metodo polinomiale, delle differenze divise, dei minimi quadrati). Zeri di una funzione (metodo di bisezione, delle tangenti, delle corde). Inversione di una matrice quadrata. Soluzioni di sistemi di equazioni lineari (metodo di Gauss, di Gauss-Jordan). Calcolo degli integrali (metodo dei trapezi, di Simpson).

Metodi per la soluzione numerica di equazioni differenziali (metodo di Eulero, di Eulero modificato, di Runge-Kutta).

Testi consigliati :

Introduzione ai sistemi informatici e linguaggio C:

S. CERI, D. MANDRIOLI, L. SBATELLA, *Informatica Istituzioni / ANSI C*, McGraw-Hill, 1994.

A. BELLINI, A. GUIDI, *Guida al linguaggio C*, McGraw-Hill.

C. CABODI, S. QUER, M.S. REORDA, *Introduzione alla programmazione in linguaggio C*, Hoepli.

Elementi di calcolo numerico:

G. MONEGATO, *Fondamenti di Calcolo Numerico*, Levrotto e Bella, Torino.

Sono inoltre disponibili i lucidi utilizzati nel corso delle lezioni.

Per approfondimenti:

Elementi di programmazione, strutture dati (con esempi di Pascal, però):

C. BATINI, L. CARLUCCI AIELLO, M. LANZERINI et alii, *Fondamenti di programmazione dei calcolatori elettronici*, Franco Angeli, 1990.

Elementi di calcolo numerico:

W.H. PRESS, S.A. TEUKOLSKY, W.T. VETTERLING, B.P. FLANNERY, *Numerical Recipes in C*, Second Edition, Cambridge Univ. Press, 1992.

Esercizi:

P. PRINETTO, M.S. REORDA, *Esempi di programmazione in linguaggio C*, Levrotto & Bella, Torino.

Esame: scritto e orale.

FONDAMENTI DI INFRASTRUTTURE VIARIE

Docente: **Gianfranco Marchi** assist.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.

FOTOGRAMMETRIA

Docente: **Gabriele Bitelli** prof. ass.

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-tridimensionali e trasformazioni tra di essi. Tipi di proiezione geometrica. La trasformazione proiettiva: sviluppo degli strumenti matematici di base.

Il fotogramma verticale: deduzione degli elementi principali della presa fotogrammetrica, errori in gioco. Il fotogramma inclinato. Il caso normale nella restituzione stereoscopica, errori in gioco.

Stereoscopia e sensibilità stereoscopica. La fotointerpretazione per l'analisi qualitativa e quantitativa di fotogrammi aerei.

Camere metriche e semimetriche; taratura e relativa certificazione. Le emulsioni fotografiche. Note di tecnica fotografica 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 correzione per la rifrazione atmosferica e la curvatura terrestre.

L'orientamento interno di un fotogramma.

L'orientamento esterno: di un singolo fotogramma, di una coppia in due fasi (orientamento relativo e orientamento 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: per concatenamento, a modelli indipendenti, per fasci proiettivi.

Il raddrizzamento per oggetti piani. Il raddrizzamento differenziale: ortofotoproiezione analogica ed analitica. Modelli digitali del terreno (DTM) e prodotti derivati.

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 monoscopica. L'utilizzo di camere non metriche.

La fotogrammetria digitale: caratteristiche delle immagini digitali (tecniche di acquisizione, risoluzione geometrica e radiometrica, integrabilità con altri dati), componenti hardware e software delle stazioni fotogrammetriche digitali, esempi applicativi. Principali algoritmi per l'elaborazione di immagini. Correlazione di immagini ed automazione delle fasi del processo fotogrammetrico.

I sistemi informativi territoriali (GIS): caratteristiche e funzionalità principali, impiego della cartografia numerica di origine fotogrammetrica e integrazione con tecniche e prodotti della fotogrammetria digitale.

Immagini digitali multispettrali e loro elaborazione. Cenni sul telerilevamento aereo e da satellite: principali sistemi in uso, esempi applicativi di carattere ambientale ed utilizzo all'interno dei sistemi GIS.

Testi consigliati:

KRAUS KARL, "Fotogrammetria", Vol. I, ed. Levrotto e Bella, Torino, 1994.

SELVINI ATTILIO, "Elementi di Fotogrammetria", ed. CittàStudi, Milano, 1994.

Materiale fornito dal docente.

Esercitazioni: rilievo fotogrammetrico terrestre di un oggetto di interesse architettonico, orientamenti e restituzione 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.

GEOLOGIA (semestrale)

Docente: **Giulio Cesare Carloni** prof. ord.

Finalità dell'Insegnamento: introdurre gli studenti del corso di laurea di Ingegneria Civile alle conoscenze necessarie delle discipline geologiche per una trattazione più generale delle applicazioni pratiche nel settore specifico, nonché per superare le principali difficoltà in cui possano venirsi a trovare i progettisti e gli esecutori di opere ingegneristiche, facilitando infine il più possibile la collaborazione interdisciplinare tra geologo ed ingegnere, geotecnico e geomorfologo, ingegnere idraulico ed idrogeologo.

Introduzione: le Scienze della Terra e le altre discipline. Campi di applicazione della Geologia.

Litologia. Minerali e rocce - Generalità sui processi genetici delle rocce - Composizione dell'interno terrestre con particolare riguardo alla Litosfera - Informazioni dai terremoti e dalle proiezioni geofisiche - Plutonismo e vulcanesimo - Usi ed applicazioni dei materiali litoidi.

Geologia applicata. Carte topografiche e carte geologiche - Cenni sui rilievi geologici - Generalità sulla stratigrafia e la tettonica - Sismologia - Progetto geodinamica e rischio sismico - Dissesti idrogeologici con particolare riguardo alle frane ed ai movimenti franosi (classificazione, meccanismi e primi interventi) - Aspetti geomorfologici della frana del Vajont e geologia delle dighe - Elementi di idrogeologia: ciclo dell'acqua, sorgenti ed ac-

que sotterranee; falde acquifere e strutture idrogeologiche: risorse idropotabili ed uso plurimo delle acque - Subsidenza e difesa delle coste - Geologia delle strade: scelta del tracciato e problemi geologici relativi (Autostrada del Sole) - Geologia delle fondazioni e delle gallerie - Territorio ed ambiente urbano-industriale.

L'esame consta di due parti distinte: una pratica che verte sul riconoscimento delle rocce ed un'altra tecnico-teorica sulla lettura delle carte geologiche e le implicazioni che ne derivano, che si accompagna ad una trattazione dei principali problemi di Geologia applicata all'Ingegneria. Sono previsti viaggi di istruzione ed esercitazioni pratiche di laboratorio e sul terreno.

Testi consigliati:

- CARLONI G.C., *Litologia e Geologia*, ed. Pitagora.
 TREVISAN L., GRIGLIA G. *Introduzione alla geologia*, Pacini editore.
 AUTORI VARI, *Geologia tecnica*, ed. I.S.E.D.I.
 AUTORI VARI, *La dinamica della Terra*, Letture da , ed. Mondadori.
 D.E. ALEXANDER, *Calamità naturali*, ed. Pitagora.

GEOMETRIA E ALGEBRA (vedi 49)

GEOTECNICA

Docente: **Pier Vincenzo Righi** prof. ord.

L'Insegnamento si articola in due parti:

- la prima può costituire un insegnamento semestrale a se stante
- entrambe costituiscono l'insegnamento annuale.

Finalità della prima parte: 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 civili.

Prima parte

- 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 determinazione 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* - Prova di carico con piastra - Prova penetrometrica (penetrometro statico e penetro-

metro dinamico - Vane test campale - Prova di densità con apparecchio a radioisotopi. 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 Boussinesque - Teoria di Frölich - Vari tipi di rappresentazione grafica - Superfici di carico e rigidità nulla e a rigidità infinita - Metodi approssimati. 7) Formula di *stabilità* - Carico critico - Teoria di Frölich - Carico di rottura - Teorie di Rankine - Ritter - Prandtl - Caquot - Terzaghi. 8) *Applicazioni pratiche delle teorie svolte.*

Seconda parte

- Approfondimento sulle teorie concernenti il carico di rottura sotto fondazioni superficiali.

- Approfondimenti sulla deformabilità dei terreni.

- Metodi per diminuire gli abbassamenti per compressibilità: precarichi, abbassamento di falda.

- Spinta delle terre sulle opere di sostegno; spinta attiva e resistenza passiva; teorie di Coulomb e Rankine; costruzioni grafiche.

- Stabilità delle scarpate: Teoria del Taylor, del Fellenius e verifica a blocchi. Percorsi di tensione nel terreno interessato da lavori di sterro o di riporto.

- 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 della costruzione di un rilevato su un pendio. Effetti dello scavo di una trincea su un pendio. Percorsi di tensione relativi.

- 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*, 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 consigliata: Scienza delle costruzioni.

Esami orali.

Tesi di Laurea

Indirizzo pratico applicativo riguardante la scelta ed il dimensionamento delle fondazioni in relazione alle caratteristiche meccaniche del suolo di appoggio.

GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE

Docente: **Ezio Todini** prof. ord.

Programma

- Obiettivi e criteri della pianificazione delle risorse idriche.
- Valutazione delle risorse idriche: acque superficiali, acque sotterranee, fonti non convenzionali.
- Razionalizzazione delle grandezze idrologiche.
- Stima della domanda d'acqua.
- I vincoli all'uso delle acque imposti dalle caratteristiche qualitative.
- Interconnessioni funzionali e infrastrutturali degli schemi di utilizzazione della risorsa.
- Allocazione ottimale delle disponibilità idriche attraverso i metodi della programmazione matematica;
 - a) la teoria dei moltiplicatori di Lagrange e sue applicazioni;
 - b) la teoria della Programmazione Dinamica e sue applicazioni;
 - c) la teoria della Programmazione Lineare (a variabili continue, intere e miste) e sue applicazioni.
- La simulazione stocastica.
- La pianificazione delle risorse idriche in condizioni di incertezza.

IDRAULICA

Docenti: **Antonello Rubatta** prof. ord.

Unità di misura, omogeneità. Densità e velocità. Schemi di materiale continuo. Equazioni cardinali del moto e di continuità.

Equazioni globali e puntuali della statica. Legge di Stevin e legge di Archimede. Misure di pressione nei fluidi, azione dei liquidi sopra superfici in quiete, corpi galleggianti.

Tensore degli sforzi e tensore delle velocità di deformazione. Equazioni costitutive. Fluidi newtoniani e non newtoniani.

L'accelerazione. Teorema della quantità di moto. Equazioni di Eulero. Teoremi di Bernoulli. Moto inverso e teorema di d'Alembert. Teorema di Kutta e Joukowski, sulla portanza.

Equazione di Navier ed equazioni di Stokes. Esperimento di Reynolds: moto laminare e turbolento. Equazioni di Reynolds e tensore di Reynolds. Efflusso da serbatoi.

Moto uniforme nelle condotte. Perdite di carico effettivo per brusche variazioni di sezione. Sifoni. Reti di condotte. Azione idrodinamica delle correnti. Impiego di pompe e turbine.

Trasformazioni di energia nei corsi a pelo libero; correnti lente e correnti veloci. Risalto idraulico. Altre dissipazioni concentrate. Stramazzi e paratoie. Moto uniforme e moto permanente nei corsi a pelo libero. Canale Venturi. Cenni di idraulica fluviale.

Moti di filtrazione.

Moto vario nelle condotte: oscillazioni di massa e colpo d'ariete. Metodo delle caratte-

ristiche. Propagazioni ondose nei canali ed onde di piena. Onde di mare. Moto vario di filtrazione.

Modelli fisici e modelli analogici. Schemi numerici.

Misure di portata, velocità ed altezze d'acqua.

IDROLOGIA

Docente: **Ezio Todini** prof. ord.

Gli strumenti per la misura delle piogge e delle portate. I criteri, gli accorgimenti ed i metodi di raccolta, elaborazione e presentazione dei dati.

I modelli matematici della legge del fiume. Le curve caratteristiche: significato, applicazioni. Costruzioni empiriche; interpretazioni e rappresentazioni analitiche. Sistemi di aggiustamento; saggi di validità. Le previsioni a lunga scadenza per il progetto delle opere idrauliche.

Dinamica dei bacini idrografici: i metodi di trasformazione applicati all'Idrografia. Il calcolo delle piene di piogge in atto: metodo dell'idrogramma unitario. Elaborazioni degli idrogrammi e degli idrogrammi, i coefficienti di correzione.

Lo studio e la previsione delle piogge. Elaborazione ed inquadramento dei dati sperimentali grezzi: la costruzione e la utilizzazione delle linee segnalatrici di possibilità climatica. La previsione dei pluviogrammi secondo il loro grado di rischio.

Testi consigliati

G. EVANGELISTI, *Impianti Idroelettrici*.

G. REMENIERAS, *L'hydrologie de l'ingénieur*.

M. ROCHE, *Hydrologie de surface*.

Pubblicazioni del Servizio Idrografico.

G.P. DORE, *Appunti per il Corso di Metodi di osservazione e misura*.

P. GUERRINI, *I metodi di trasformazione applicati all'Idrografia*.

Appunti per il Corso.

Tesi di Laurea

- Trasferimento semiautomatico degli archivi idrografici su calcolatori.
- Studio sistematico dei coefficienti istantanei di deflusso.
- Metodologie di raccolta, archiviazione e lettura dei dati.
- Elaborazioni su calcolatori automatici.
- Indagini preliminari al progetto delle opere idrauliche.

IDROLOGIA II

Docente: **Stefano Pilati** ass. ord. inc.

Programma

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*, McGraw-Hill, 1979.

M.P. ANDERSON, W.W. WOESSNER, *Applied groundwater modeling*, Academic Press, 1992.

Insegnamenti propedeutici consigliati: Idraulica, Idrologia.

IMPIANTI SPECIALI IDRAULICI

Docente: **Alberto Marinelli** ric.

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 deviatore 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

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 dell'acqua per usi igienico sanitari ed antincendio.

A) Impianti di riscaldamento

Trasmissione del calore in regime stazionario e non stazionario. Isolamento termico. Controllo della condensazione interstiziale o 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. Legislazione: legge 10/1991, decreti e norme UNI correlate. 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 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 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 di estinzione.

Testi consigliati:

AMERIO, SILLITTI, *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*, editore Masson.

INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE

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: Meteorologia 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.

ISTITUZIONI DI ECONOMIA

Docente: **Alessandro Romagnoli** prof. ass.

L'obiettivo dell'Insegnamento è di presentare, dopo una panoramica relativa agli strumenti di base utilizzati dall'economia politica per l'analisi, le problematiche economiche legate alla localizzazione abitativa e produttiva nonché i principali approcci economici allo studio degli agglomerati urbani.

PARTE PRIMA: Istituzioni di economia

1. Il sistema economico capitalistico
 - 1.1. Caratteri del capitalismo e dinamica settoriale
 - 1.2. Cicli e onde, centri e periferie
 - 1.3. Il sistema economico: soggetti e circuito economico
 - 1.4. Elementi costitutivi e caratteristiche di un sistema economico
 - 1.5. I sottoinsiemi di un sistema economico
 - 1.6. Varietà di capitalismi e varietà di teorie economiche
 - 1.7. Una concezione del comportamento economico: l'algoritmo della massimizzazione

2. Teoria del mercato
 - 2.1. Concezioni del mercato
 - 2.2. Analisi della domanda e dell'offerta
 - 2.3. L'equilibrio concorrenziale
 - 2.4. Il prezzo e la sua determinazione
3. L'impresa
 - 3.1. Natura, organizzazione e tipologia dell'impresa
 - 3.2. L'impresa moderna: dimensione e strategie
 - 3.3. Modello tradizionale di impresa (1): i costi
 - 3.4. Modello tradizionale di impresa (2): forme

PARTE SECONDA: Economia e territorio

4. Analisi economica e dimensioni spaziali
 - 4.1. Economia spaziale ed economia del territorio
 - 4.2. Problemi di economia del territorio e principi di economia spaziale
 - 4.3. Economia dei sistemi locali
 - 4.4. I sistemi locali e la loro evoluzione: sviluppo rurale e urbanesimo
5. Economia della localizzazione
 - 5.1. La localizzazione residenziale
 - 5.2. La localizzazione delle imprese agricole
 - 5.3. La localizzazione delle imprese industriali
 - 5.4. La localizzazione dei servizi
6. Economia urbana
 - 6.1. Nascita e trasformazione della città
 - 6.2. Rendita urbana e mercato dei suoli
 - 6.3. La dimensione urbana
 - 6.4. La gerarchia urbana
 - 6.5. Il governo locale

Testi consigliati

- BRUNO DALLAGO, *Sistemi economici comparati*, NIS.
 A. ASIMACOPULOS, *Microeconomia*, Il Mulino.
 A.W. EVANS, *Economia urbana*, Il Mulino.
 Fotocopie.

MACCHINE

Docente: **Giuseppe Cantore** prof. straord.

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 II

Docente: **Giovanni Naldi** ric.

Fabbisogno mondiale di energia, fonti primarie e secondarie, rinnovabili e non rinnovabili.

Sfruttamento dell'energia solare, mediante concentrazione e metodo di conversione fotovoltaica. Sfruttamento dell'energia da maree e dal moto ondoso. Energia eolica.

Combustibili e combustione. Trattamento dei fumi nelle centrali termoelettriche. Cenni sulle tecnologie alternative per l'abbattimento degli inquinanti. Circolazione dei fumi, dimensioni del camino.

Caratteristiche di centrali idroelettriche di potenza. Minimizzazione del costo dell'energia prodotta per un impianto ad acqua fluente.

Turbomacchine: Richiami di fluidodinamica. Classificazione delle macchine idrauliche.

Cenni storici sull'evoluzione delle turbine. Turbina Peltron: Macchine poli-getto. Turbina Francis. Evoluzione dei profili e della forma del canale meridiano di turbine a reazione in funzione dell'indice caratteristico. Turbina ad elica, e Kaplan.

Diagrammi caratteristici delle turbine idrauliche in coordinate dimensionali e ridotte, comportamento in regolazione.

Introduzione ai modelli geometrici per la definizione delle superfici palari.

Richiami di fluidodinamica bidimensionale. Flussi irrotazionali in condotti assial-simmetrici non palettati. Determinazione del campo di moto in una turbomacchina mediante il potenziale di velocità.

Studio del flusso assiale-simmetrico nelle turbomacchine mediante la funzione di Corrente di Stokes. Metodo grafico per la determinazione simultanea delle linee di corrente ed equipotenziali.

Tracciamento delle pale di una turbina Francis mediante trasformazione conforme.

Equazioni generali per lo studio del flusso in una turbomacchina.

Teoria aerodinamica nella progettazione delle turbomacchine. C_L profili in schiera.

Correzione della teoria del flusso monodimensionale con i risultati della teoria bidimensionale.

Esempio di progettazione di una turbomacchina assiale operatrice a fluido incomprimibile.

Cenni sulla risoluzione del flusso mediante la tecnica degli elementi finiti in condotti palettati.

Impianto di prova per modelli di turbine idrauliche a reazione. Rilievo ed elaborazione dei dati sperimentali, relativi ad una microturbina idraulica ad elica. Sonde tridimensionali di pressione a cinque fori.

Tube diffusore allo scarico delle turbine a reazione. Cavitazione.

Testi consigliati:

- G. MORANDI, *Macchine ed apparecchiature a vapore e frigorifere*, Pitagora, Bologna, 2^a ed., 1974.
- G. NEGRI DI MONTENEGRO, D. MORO, G. NALDI, *Corso di macchine - I Sistemi e componenti termici*, Pitagora, Bologna, 1992.
- S. SANDROLINI, M. BORGHI, G. NALDI, *Turbomacchine Termiche - Turbine*, Pitagora, Bologna, 1992.
- S. SANDROLINI, G. NALDI, *Macchine - I Fluidodinamica e termodinamica delle turbomacchine*, Pitagora, Bologna, 1996.
- S. SANDROLINI, G. NALDI, *macchine - 2 Le Turbomacchine motrici e operatrici*, Pitagora, Bologna, 1997.

MECCANICA COMPUTAZIONALE DELLE STRUTTURE

Docente: **Agostino A. Cannarozzi** prof. ord.

L'Insegnamento è una introduzione ai metodi di calcolo delle strutture orientati all'elaborazione automatica, con riguardo agli aspetti concettuali, formali e operativi di essi. 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 ad interpretarne criticamente i risultati. La conoscenza dei più comuni algoritmi dell'analisi numerica e la dimestichezza con il mezzo

di calcolo, sono presupposti necessari per frequentare l'insegnamento con profitto. È pertanto vivamente consigliato come propedeutico l'Insegnamento di Calcolo numerico e Programmazione.

Programma

Richiami di algebra matriciale.

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 risolvibile. 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 modellazione del campo di spostamenti e l'applicazione del principio dei lavori virtuali. La trave deformabile a flessione e a taglio.

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.

Modelli semialgebrici agli spostamenti per solidi e strutture assialsimmetriche e per lastre piane caricate nel piano o inflesse. 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 di argomenti trattati. I principali libri consigliati sono: 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*, Prentice-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 DELLE ROCCE (vedi 51)

MECCANICA RAZIONALE

Docente: **Tommaso 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 - Operazioni elementari - Riduzione di un sistema di vettori applicati - Sistemi piani di vettori - Sistemi di vettori paralleli - Vettori funzione - Operatori materiali - Elementi di geometria differenziale delle curve.

Cinematica del punto - Velocità, accelerazione e loro proprietà - Spostamenti elementari ed effettivi - Moti piani - Formula 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 di inerzia - Concetto di massa - Baricentro di un sistema particellare e continuo - Teoremi di ubicazione del baricentro - Definizione di momento di inerzia - Teorema di Huygens-Steiner - Momento di inerzia rispetto ad assi concorrenti - Ellissoide di inerzia - Giroscopi.

Cinematica delle masse - Quantità di moto - Momento della quantità di moto - Energia cinetica - Teorema del baricentro e teoremi di König.

Lavoro - Definizione di lavoro elementare ed effettivo - Lavoro per un cammino finito - Forze conservative - Sistema 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 fra forza ed 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 sospesi - 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 Poincaré - 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.

Esame: scritto e orale.

Validità prove scritte: appello.

MISURE E CONTROLLI IDRAULICI

Docente: Irene Daprà ric.

Omogeneità dimensionale. Insieme di grandezze dimensionalmente indipendenti. Teorema \dot{O} .

Strumenti e metodi di misura per grandezze di interesse idraulico: velocità, portata, pressione, portata solida in sospensione e al fondo. Norme UNI. Errori di misura.

Apparati di controllo e loro classificazione in base allo scopo, alle modalità di intervento ed ai mezzi impiegati. Requisiti dei fluidi intermediari. Pompe, filtri, accumulatori, condotte, valvole, motori rotativi e motori lineari. Caratteristiche esterne dei vari componenti e valutazione dei relativi parametri differenziali. Tecnica della controeazione. I sistemi di controllo più frequentemente impiegati. Dimensionamento di massima dei singoli organi. Metodi per l'analisi del comportamento dinamico.

Gli automatismi più diffusi. Tipi speciali di valvole. Interventi di sequenza. Problemi di sincronizzazione. Funzioni logiche fondamentali. Circuiti temporizzatori. Metodi di sintesi per i circuiti logici. Criteri di progetto per un automatismo.

MODELLISTICA IDRAULICA

Docente: **Vittorio Di Federico** ric.

Tecniche di acquisizione, elaborazione e trasmissione dati. Misure sistematiche di grandezze idrometeorologiche e loro organizzazione.

Modelli fisici. Similitudine meccanica: similitudine di Reynolds; similitudine di Froude, modelli a scale distorte. Modellazione di correnti a fondo mobile, di moti ondosi, di piene in reti idrografiche. Modelli in aria di fenomeni idrodinamici.

Modelli analogici: modelli Hele-Shaw; analogia elettrica.

Modelli matematici: generalità. Modellazione di moto vario nelle reti in pressione e a pelo libero, della circolazione delle acque sotterranee, della diffusione e dispersione di inquinanti, dell'agitazione delle acque portuali, delle correnti marine e dell'evoluzione delle coste.

Testi consigliati

U. PUPPINI, *Idraulica*, Zanichelli, 1947.

M. FAZIO, *Manuale delle unità di misura*, ISEDI, Milano, 1973.

A.T. TROSKOLANSKI, *Tezhéorie et pratique des mesures hydrauliques*, Dunod 1962.

L'esame è costituito da una prova orale, integrata da disegni e calcoli estemporanei.

Tesi di Laurea di indirizzo sia teorico che applicativo.

Propedeuticità consigliata: Idraulica.

NOZIONI GIURIDICHE FONDAMENTALI

Docente: **Mauro Bernardini** prof. ass.

I. Generalità

1. Concetto e partizioni del diritto. Diritto e sanzione; penale, amministrativa, civile. Qualche riferimento comparatistico.

2. Costituzione repubblicana. Tutela del paesaggio e dei beni culturali (art. 9). Tutela dell'iniziativa economica privata (art. 41). Tutela della proprietà ed espropriazione (art. 42). Nazionalizzazioni (art. 43) e privatizzazioni. Ordinamento regionale (artt. 115 ss.) e locale (artt. 128 ss. e L. n. 142/1990).

3. Il Trattato CEE. I fondamenti e gli scopi, originari (1957) e sopravvenuti (1986 e 1992). Il mercato comune, l'unione economica (artt. 2-3, 85-86). Il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri (artt. 100 ss.). La protezione dei consumatori (art. 129 A). Ambiente e urbanistica (art. 130 R ss.).

II. *I beni pubblici*

4. Beni demaniali e patrimoniali. Demanio necessario ed eventuale. Patrimonio indisponibile e disponibile. Le disposizioni in materia del codice civile (artt. 822 ss.) e delle leggi speciali. In particolare le strade e le acque.

III. *La pianificazione del territorio*

5. La legge urbanistica fondamentale (L.U. n. 1150/1942). I suoi aggiornamenti e integrazioni (1967, 1977, 1985). L'avvento delle Regioni sulla scena dell'urbanistica.

6. Gli strumenti urbanistici generali. Il piano territoriale di coordinamento. Le competenze delle Province. La pianificazione comprensoriale e le aree metropolitane.

7. Il piano regolatore generale, P.R.G. Caratteristiche ed effetti. Il procedimento formativo. La fase presso il Comune. La fase presso la Regione.

8. Ancora sul P.R.G.: azionamento (*zoning*) e le destinazioni di zona. Le destinazioni d'uso degli edifici. Le localizzazioni, in particolare delle opere pubbliche statali. Gli *standards* urbanistici. Misure di salvaguardia. I vincoli urbanistici.

9. Gli strumenti urbanistici attuativi. I piani particolareggiati. I piani di lottizzazione. Le lottizzazioni abusive.

10. Gli strumenti urbanistici speciali. In particolare i piani per l'edilizia pubblica residenziale, già economica e popolare, P.E.E.P. e i piani per gl'insediamenti produttivi, P.I.P.

11. Il recupero edilizio. Categorie di interventi. Zone di recupero e piani di recupero. I programmi dei parcheggi.

12. Urbanistica. Tutela del paesaggio. Ambiente. Valutazione di impatto ambientale, V.I.A. Legislazione sui rifiuti.

IV. *La tutela del territorio e la proprietà privata*

13. Il controllo puntuale delle costruzioni. La concessione edilizia, l'autorizzazione edilizia, la vigilanza sulle costruzioni e le sanzioni contro l'abusivismo edilizio.

14. La proprietà privata, in genere e immobiliare. La sua configurazione nel Codice civile. Contenuto della proprietà edilizia. Le esternalità, positive e negative. I vincoli. Le distanze fra costruzioni.

15. I diritti reali, specie immobiliari; in particolare: usufrutto, superficie e servitu prediali.

V. *Contratti e impresa*

16. La circolazione giuridica della proprietà e i contratti di scambio. Il contratto di vendita; in particolare immobiliare. La locazione (immobiliare).

17. I contratti di collaborazione. L'appalto, privato e pubblico. La normativa interna e C.E.E. sugli appalti di opere pubbliche. La figura dell'imprenditore; in particolare la figura del costruttore. Lo statuto dell'impresa. Le società; in particolare le società di ingegneria.

18. Il contratto di assicurazione. Le garanzie. Il contratto d'opera professionale. La responsabilità professionale.

Testi consigliati:

Per tutti

1. *Codice civile*, (DE NOVA, Zanichelli, Bologna, 1995-96; in alternativa PATTI, Giappichelli, Torino, 1995-96).

Per gli studenti di "Diritto dell'assetto territoriale", semestrale e annuale

2. D'ANGELO, *Legislazione urbanistica*, Merano, Napoli, 1993; in alternativa URBANI e CIVITARESE MATTEUCCI, *Diritto urbanistico*, Giappichelli, Torino, 1994.

Per gli studenti di "Istituzioni di diritto pubblico e privato"

- 2A. GALLESIO PIUMA e POLLERI, *Elementi di diritto commerciale*, Giuffrè, Milano, 1996; in alternativa FIALE, *Diritto commerciale*, Simone, Napoli, 1996.

Per un approfondimento sulla proprietà, sul contratto di vendita e su quello di locazione

3. BERNARDINI, *Casi e problemi di diritto privato*, Monduzzi, Bologna, 1995 (parti III e IV).

Per i soli studenti dell'insegnamento annuale di "Diritto dell'assetto territoriale"

4. ROPPO, *Istituzioni di diritto privato*, Monduzzi, Bologna, 1994, o, in alternativa, G.U. RESCIGNO, *Corso di diritto pubblico*, Zanichelli, Bologna, 1994.

L'esame consiste in una prova orale di tipo tradizionale.

Data la vastità della materia e la varietà delle parti potranno essere concordati, tra docente e studente, nell'ambito del programma generale, programmi più personalizzati, nel limite del possibile.

ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE

Docente: **C. Comani** prof. ass.

I - Lo studio dell'impresa di costruzione nei suoi aspetti storici, di organizzazione, di figura giuridica, di specializzazione, di attività imprenditoriale, e nei confronti della responsabilità.

- Lo studio del lavoro, esteso alle tecniche per l'elaborazione dei piani economico-finanziari e per l'applicazione dei modelli di Gantt e Pert.

- Lo studio dell'appalto, comprendente la definizione delle varie forme di appalto, dei capitolati d'appalto, dei contratti d'appalto.

- 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.

II - Il cantiere in generale, la sua progettazione ed il suo impianto: l'impiego del personale, delle macchine, dei materiali, la predisposizione degli approvvigionamenti, l'installazione di fabbricati provvisori, di impianti elettrici, idrici, gassosi, di servizi generali.

– La caratterizzazione dei vari tipi di cantiere, estesa ai cantieri stradali, ai cantieri per le costruzioni marittime ed a quelli per le costruzioni idroelettriche, aeroportuali e delle gallerie.

– Le macchine da cantiere con riferimento ai rendimenti, al costo di esercizio e manutenzione, agli ammortamenti, ai vari tipi di macchine e la loro classificazione.

III - Il cantiere edile per quanto concerne gli aspetti dimensionali, organizzativi, gestionali, operativi: tracciamento, scavi, trasporti, produzione di malte e conglomerati.

– Lo studio relativo alla provenienza e natura degli inerti, delle tecniche di frantumazione, di lavaggio, di vagliatura, di determinazione della composizione granulometrica, di trasporto e conservazione dei leganti e degli altri materiali, d'impiego dei conglomerati e loro classificazione, di scelta ed impiego delle casseforme.

– L'organizzazione del cantiere con riferimento particolare all'impiego di elementi costruttivi metallici, cementizi, litoidi, prefabbricati o costruiti in opera.

– Controlli e prove in corso d'opera; collaudi; sistemi di contabilità e certificazione delle opere e delle attività.

PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI

Docente: **Roberto Camus** prof. ass.

Generalità

Definizione di sistema di trasporto. L'ingegneria dei sistemi di trasporto ed il processo di pianificazione. I livelli di pianificazione.

Le reti di trasporto.

Modellizzazione del sistema di offerta. Definizione di grafo e metodi di rappresentazione. Definizione di rete, costi e flussi d'area e di percorso. La schematizzazione dell'offerta di trasporto mediante una rete. Delimitazione dell'area di studio. Zonizzazione. Estrazione del grafo, Funzioni di costo e di prestazione.

La domanda di trasporto.

Definizione e caratteristiche della domanda, Struttura temporale della domanda di trasporto. I modelli di utilità casuale. Il modello Logit multinomiale, il modello logit gerarchizzato e il modello Probit. Il sistema di modelli di domanda a quattro stadi. Modelli di emissione, modelli di distribuzione, modelli di scelta modale, modelli di scelta del percorso. I modelli di assegnazione. Relazioni fra domanda, flussi e costi in una rete di trasporto.

L'interazione domanda-offerta nelle reti di trasporto.

Gli insiemi di fattibilità dei flussi. Equilibrio deterministico e stocastico dei flussi con domanda rigida. Equilibrio deterministico e stocastico con domanda elastica. Relazioni tra i flussi di equilibrio stocastico e deterministico.

Il calcolo dei flussi.

Algoritmi di calcolo degli alberi di minimo costo. Algoritmi per l'assegnazione deterministica su reti non congestionate. Algoritmi per l'assegnazione stocastica su reti non congestionate. Algoritmi di Dial e Monte-Carlo. Algoritmi per il calcolo dei flussi di equilibrio deterministico e stocastico.

La stima della domanda di trasporto.

Indagini sulla domanda. Stima diretta della domanda. Calibrazione e verifica dei modelli di domanda. Specificazione, calibrazione e verifica del modello. L'uso dei flussi di traffico per la stima della domanda. Stima dei parametri di un modello.

Valutazione dei progetti.

La valutazione dei piani di trasporto. Individuazione e misura degli effetti rilevanti. Metodi quantitativi per il confronto di progetti alternativi. L'analisi Benefici-Costi. L'analisi Multi-obiettivo.

Esercitazioni

L'Insegnamento è integrato da esercitazioni che hanno l'obiettivo di individuare le funzioni di costo, con particolare riferimento al sistema urbano (analisi del razionamento di intersezioni semaforizzate e reti semaforizzate), e di applicare gli algoritmi di ottimizzazione e di assegnazione, utilizzando package software disponibili sul mercato (TRIPS, TRANSYT, ecc.)

Testi consigliati:

ENNIO CASCETTA, *Metodi quantitativi per la pianificazione dei sistemi di trasporto*, ed. CEDAM, Padova.

ENNIO CASCETTA, *Teoria e metodi dell'ingegneria dei sistemi di trasporto*, ed. CEDAM, Padova.

PROGETTAZIONE DI SISTEMI DI TRASPORTO

Docente: **Mario Matassa** prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento. L'Insegnamento si propone di fornire gli elementi di base per la progettazione funzionale dei sistemi di trasporto in generale, ed in particolare di quelli terrestri. Gli argomenti vengono pertanto sviluppati non solamente sul piano teorico ma anche, e soprattutto, su quello pratico progettuale. A tal fine le lezioni vengono integrate da esercitazioni in aula.

Generalità. Definizione di sistema di trasporto. Caratteristiche funzionali ed operative dei sistemi di trasporto. Prestazioni meccaniche, di servizio ed accessorie. Condizioni di sicurezza e di regolarità. Procedure di studio. Studio mediante modelli.

Sistemi terrestri. Sistemi propulsivi dei veicoli stradali e ferroviari. Caratteristiche funzionali dei motori. Motori termici ed elettrici: parametri caratteristici (potenza, coppia, rendimento), alimentazione, regolazione, emissioni inquinanti. Trasmissioni: meccaniche, idrostatiche, idrodinamiche, elettriche, miste e loro componenti. Trasmissioni modulanti. Frenatura dei veicoli stradali e ferroviari. Sistema di sterzata dei veicoli stradali. Veicoli non convenzionali: a cuscino d'aria ed a sostegno magnetica.

Sistemi navali ed aerei. Cenni sui sistemi propulsivi dei veicoli commerciali.

Sistemi continui. Cenni sugli impianti a tubo, a nastro ed a fune.

Testi consigliati

A. ORLANDI, *Meccanica dei Trasporti*, Ed. Pitagora, Bologna.

M. MATASSA, *Le caratteristiche funzionali dei veicoli da trasporto*, Ed. Pàtron, Bologna.

Appunti e materiale illustrativo dello stato dell'arte dei dispositivi verranno forniti nel corso delle lezioni.

Esami: orali con presentazione discussione delle varie esercitazioni scritte svolte durante l'insegnamento.

Propedeuticità: Tecnica ed Economia dei trasporti.

Tesi di laurea: studi e progetti riguardanti i diversi sistemi di trasporto.

PROGETTI PER LA RISTRUTTURAZIONE E IL RISANAMENTO EDILIZIO

Docente: **Giampiero Cuppini** prof. ass.

1. Generalità

1.1. Inquadramento del nel processo di rinnovamento e adeguamento dell'edilizia esistente sia nelle zone storiche che nelle fasce di più recente edificazione soggette a degrado (obsolescenza funzionale e/o tecnologica).

1.2. Gli strumenti legislativi di riferimento (legge 5 agosto '78, n. 457): Il piano di recupero del patrimonio edilizio esistente: manutenzione ordinaria; manutenzione straordinaria; restauro e risanamento conservativo; ristrutturazione edilizia; ristrutturazione urbanistica.

2. Indagini analitiche sullo stato del manufatto

2.1. Messa a punto di una metodologia scientifica per la restituzione della situazione storico-costruttiva e dello stato di fatto dell'immobile oggetto di intervento.

2.2. Indicazione di una strumentazione tecnica appropriata ed aggiornata; utilizzo delle tecniche fotogrammetriche, termografiche ed altre.

2.3. Criteri per la determinazione di saggi e prove in funzione delle diverse classi di materiali e delle diverse destinazioni funzionali del manufatto.

2.4. Analisi morfologica e tipologica del contesto urbano in cui si opera, analisi visiva della obsolescenza tecnologica, metodologia per un rilievo sistematico e una corretta restituzione grafica.

Il tema della disciplina risulta di grande attualità e una domanda di preparazione professionale in tale disciplina è una realtà di fatto cui l'Università di Bologna non è in grado attualmente di offrire una risposta. I problemi di del tessuto esistente, storico e non, costituiscono oggi un settore molto esteso dell'attività pratica e di ricerca nel campo edilizio.

3. Teoria della progettazione nel recupero edilizio

3.1. Conoscenza analitica dello stato edilizio del manufatto.

3.2. Acquisizione critica della destinazione dell'edificio (dopo averne verificato la compatibilità con gli schemi statici e topologici).

- 3.3. Elaborazione degli schemi distributivi come ottimizzazione dell'uso della risorsa.
- 3.4. Definizione degli interventi impiantistici.
- 3.5. Stesura progettuale e primo confronto con i costi d'intervento (feed-back fino all'ottimizzazione del fattore costo).
- 3.6. Determinazione del fattore costo in funzione dell'organizzazione del cantiere e del modo di produzione.

4. Pratiche d'intervento

- 4.1. Interventi preventivi per la limitazione dei danni degli incendi.
- 4.2. Tecniche e metodologia del consolidamento: riferimenti elementari con particolare riguardo agli interventi sugli archi, le volte e le fondazioni, di consolidamento. Problematiche relative al restauro e consolidamento delle strutture lignee.
- 4.3. Gli intonachi: antiche tecniche d'intonacatura, difetti dell'intonaco, lavori di riparazione.
- 4.4. Infissi: valutazione delle possibilità d'adeguamento o della necessità di sostituzione: modalità deintervento.
- 4.5. Presenza di umidità: tecniche di risanamento della struttura intaccata: tecniche scientifiche ed empiriche.
- 4.6. Isolamento termico degli edifici da recuperare: i materiali isolanti e le tecniche di isolamento per le varie componenti dell'edificio.
- 4.7. Uso di nuovi materiali e nuove tecniche costruttive appropriate agli interventi di recupero.

Esame: scritto e orale.

PROTEZIONE IDRAULICA DEL TERRITORIO

Docente: **Alberto Bizzarri** prof. ass.

1. Cenni generali

- 1.1. Elementi di climatologia, meteorologia ed idrologia
- 1.2. Definizione di unità ecologica
- 1.3. La degradazione 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 idrologiche 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. HYDROTECHNIQUE DE FRANCE, X JOURNÉES DE L'HYDRAULIQUE, *La prévision des crues*, 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.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Docenti: **Agostino A. Cannarozzi** prof. ord.

Angelo Di Tommaso prof. ord.

L'Insegnamento si propone di fornire gli elementi fondamentali del calcolo strutturale con particolare riferimento alle ipotesi, ai principi ed alle limitazioni della metodologia di calcolo delle strutture nel campo elastico lineare. A insegnamento ultimato l'allievo dovrebbe essere in grado di impostare e valutare correttamente il grado di sicurezza, nel senso del calcolo elastico, di strutture semplici comunque vincolate e caricate e di iniziare con profitto gli insegnamenti successivi del settore strutturale.

- a) *Analisi degli elementi fondamentali della meccanica applicata alle costruzioni.*
- a.1) Definizione e studio dello stato di tensione nei mezzi continui.
 - a.2) Definizione e studio dello stato di deformazione nei mezzi continui.
 - a.3) Correlazioni derivanti dall'uso del principio dei lavori virtuali.
 - a.4) Ipotesi e limitazioni connesse al modello di comportamento elastico-lineare dei mezzi continui.
 - a.5) Criteri per la valutazione del coefficiente di sicurezza in campo elastico.
- b) *Le verifiche di sicurezza col metodo elastico.*
- b.1) Lo studio del solido ideale schematizzante la trave.
 - b.2) Le verifiche di sicurezza nei diversi casi di sollecitazione semplice.
 - b.3) Le verifiche di sicurezza nei diversi casi di sollecitazione composta.
- c) *I modelli strutturali.*
- c.1) Le travi.
 - c.2) Le condizioni di vincolamento.
 - c.3) Le azioni interne.
 - c.4) La determinazione delle azioni interne nelle strutture isostatiche.
 - c.5) La determinazione delle deformazioni nelle strutture isostatiche.
 - c.6) La soluzione delle strutture iperstatiche.
 - c.7) La sicurezza delle strutture nei riguardi dei fenomeni d'instabilità.

Testi consigliati:

- M. CAPURZO, *Lezioni di Scienza delle Costruzioni*, Pitagora, Bologna.
 V. FRANCIOSI, *Scienza delle Costruzioni*, Vol. I, Liguori, Napoli.
 O. BELLUZZI, *Scienza delle Costruzioni*, Vol. I, Zanichelli, Bologna.
 A. DI TOMMASO, *Fondamenti di Scienza delle Costruzioni*, Pàtron, Bologna.
 L. BOSCOTRECASE, A. DI TOMMASO, *Statica applicata alle costruzioni*, Pàtron, Bologna.

Le esercitazioni svolte durante l'anno hanno la finalità di chiarire con esempi concreti la logica di impostazione necessaria per la soluzione degli esercizi.

Propedeuticità consigliate: si ritiene indispensabile che l'allievo abbia seguito e superato l'esame dei seguenti corsi del biennio: Analisi matematica I, II, Meccanica razionale.

Tesi di laurea

Le tesi possono vertere sui seguenti argomenti:

- Calcolo a rottura delle strutture.
- Stabilità dell'equilibrio elastico.
- Dinamica delle strutture.
- Calcolo strutturale automatico.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI II

Docente: **Eugenio D'Anna** prof. ass.

L'Insegnamento intende ampliare le ipotesi e le metodologie di calcolo assunte nel corso di Scienza delle Costruzioni, analizzando il comportamento non lineare dei sistemi piani di travi per effetto del superamento della soglia elastica (non linearità meccanica) ed a causa dell'instabilità dell'equilibrio (non linearità geometrica).

PARTE PRIMA - SICUREZZA STRUTTURALE

Generalità sulla sicurezza strutturale.

Statistica e probabilità. Esperimento casuale. Spazio campione. Variabili aleatorie. Funzioni di probabilità. La distribuzione normale.

Il "metodo semiprobabilistico agli stati limite".

I meccanismi di collasso delle strutture isostatiche. Travi di materiale duttile. Travi in c.a.

I meccanismi di collasso delle strutture iperstatiche. "Analisi limite" dei sistemi piani di travi.

PARTE SECONDA - PROBLEMI GEOMETRICAMENTE NON LINEARI

A) La meccanica classica. Il funzionale dell'energia nei sistemi rigidi.

Il funzionale dell'energia nei sistemi deformabili. I sistemi discreti. I sistemi continui. Spostamenti e deformazioni del II ordine.

Elementi di calcolo delle variazioni. Elementi di calcolo matriciale delle strutture monodimensionali..

B) Problemi di stabilità.

Formulazione linearizzata del problema di stabilità. La trave euleriana. La trave di sezione sottile aperta.

Profili soggetti a compressione semplice e a flessione pura.

C) Travi con "momenti primari". La trave compressa ed inflessa. Portali e telai.

D) Metodi numerici di risoluzione. Metodo energetico (di Rayleigh), metodo di Ritz, metodo degli elementi finiti.

E) Meccanica non lineare dei telai piani in acciaio e c.a. Riferimenti alla vigente normativa.

Testi consigliati:

POZZATI P., CECCOLI C., *Teoria e tecnica delle strutture*, Torino, UTET, vol. III.

MIGLIACCI A., MOLA F., *Progetto agli stati limite delle strutture in c.a.*, Milano, Masson, vol. I.

NEAL B.G., *The Plastic Method of Structural Analysis*, London, Chapman & Hall.

LANCZOS C., *The Variational Principles of Mechanics*, University of Toronto Press.

CORRADI L., *Instabilità delle strutture*, CLUP, Milano.

CANNAROZZI A.A., *Appunti dalle lezioni del Corso di "Analisi computazionale delle strutture"*, Univ. di Bologna.

Dispense a cura del docente.

SISTEMI DI TRAZIONE (vedi 49)

SPERIMENTAZIONE DEI MATERIALI DEI MODELLI E DELLE STRUTTURE

Docente: **Antonio Di Leo** prof. ass.

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 rigidità.

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 flessi 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 viscosse (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.

STRUTTURE DI FONDAZIONE

Docente: **Andrea Benedetti** prof. ass.

Generalità sullo studio delle fondazioni

- Struttura in elevazione, fondazione, terreno
- Progetto di una fondazione: finalità

Il terreno e la valutazione dei cedimenti

- La schematizzazione secondo il modello di Boussinesq
- Le superfici caricate di geometria elementare
- Pressioni di contatto e cedimenti per piastre indeformabili
- Osservazioni in merito al modello di Boussinesq e cenni a questioni pratiche
- La schematizzazione secondo il modello di Winkler
- Risultati di esperienze e confronto con le ipotesi di calcolo
- La trave di momento d'inerzia costante su suolo elastico alla Winkler
- Confronti fra il modello di terreno alla Boussinesq e alla Winkler

Pali di fondazione

- Tipologia dei pali e campo di applicazione
- Portanza limite del palo isolato: formule statiche
- Portanza limite del palo isolato: formule dinamiche
- Raffronto tra i risultati teorici e le indicazioni di carattere sperimentale
- La valutazione della portanza mediante i risultati di una indagine penetrometrica
- La prova di carico di un palo
- Portanza limite dei gruppi di pali
- Calcolo dei cedimenti per il palo singolo
- Calcolo dei cedimenti delle palificate
- Cenno alla distribuzione dei carichi fra gli elementi di una palificata
- Criteri di calcolo dei pali isolati soggetti ad azioni orizzontali
- Gruppi di pali verticali soggetti ad azioni orizzontali

Fondazioni superficiali e profonde: criteri di calcolo degli elementi strutturali

- Criteri generali di scelta del tipo di fondazione
- Fondazioni isolate: plinti
- Fondazioni continue: travi rovesce
- Fondazioni continue: reticoli di travi rovesce e platee
- Criteri di calcolo delle fondazioni superficiali sostenute da pali
- Le fondazioni in falda

Interazione tra struttura in elevazione, fondazione e terreno

- Metodi di progetto: le situazioni limite
- Metodi di verifica: il metodo delle deformazioni impresse

Criteri di calcolo delle paratie e diaframmi continui

- Tipologia degli elementi di contenimento
- Determinazione del diagramma del carico
- Profondità minima di infissione
- Verifica dello stato di sollecitazione
- Verifica della stabilità globale

Durante l'insegnamento vengono illustrati progetti di fondazione realizzate e svolti esercizi, corredati di sviluppi numerici, sui principali temi trattati.

Testi consigliati

BOWLES J.E., *Foundation analysis and design*, New York, Mc-Graw-Hill, 1982.

CESTELLI GUIDI C., *Geotecnica e Tecnica delle fondazioni*, Milano, Hoepli.

POZZATI P., *Teoria e Tecnica delle strutture*, Vol. I, Torino, UTET, 1972.

TERZAGHI, PECK, *Geotecnica*, Torino, UTET, 1974.

STRUTTURE SPECIALI

Docente: **Massimo Majowiecki** prof. ass.

1. Cenni sulla gestione integrale della progettazione strutturale - Il calcolo - Il disegno strutturale - I documenti tecnici.

2. Tecniche C.A.D. nella progettazione e verifica di strutture speciali - L'interazione uomo-macchina - Hardware e software interattivi.

3. Strutture reticolari spaziali - Tipologie costruttive - Analisi statica - Richiami di dinamica - Particolari costruttivi - Metodi di esecuzione e montaggio.

4. Alti edifici - Tipologie costruttive - Analisi statica lineare - Analisi statica non lineare - Analisi dinamica modale - Analisi dinamica per integrazione diretta - Controllo attivo antisismico: gli edifici sospesi.

5. Tensostrutture - Tipologie costruttive - La ricerca della forma - Analisi statica e dinamica non lineare - Particolari costruttivi - Metodi di esecuzione e montaggio.

6. Membrane pressollecitate e strutture pneumatiche - Tipologie costruttive - La ricerca della forma - Analisi statica e dinamica non lineare - Particolari costruttivi - Metodi di esecuzione e montaggio.

7. Strutture a grande luce libera - Tipologie delle strutture strallate - Metodi di analisi - Metodi di esecuzione e montaggio.

Propedeuticità consigliate

Si raccomanda vivamente di aver frequentato i seguenti insegnamenti: Complementi di Tecnica delle costruzioni; Complementi di Scienza delle costruzioni; Analisi strutturale con elaboratore elettronico.

TECNICA DEI LAVORI IDRAULICI

Docente: **Sandro Artina** prof. straord.

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 monodimensionale 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 finite. 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 sciolto. Cantieri per di-

ghe 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 LAVORI STRADALI, FERROVIARI ED AEROPORTUALI

Docente: **Alberto Bucchi** prof. ord.

– Organizzazione del cantiere. Pianificazione e programmazione. Analisi dei costi. Il progetto del cantiere. Pert. Gantt.

– Impianti per la preparazione degli inerti. Frantumazione. Vagliatura. Lavaggio.

– Impianti per calcestruzzi cementizi. Approvvigionamento dei componenti. Dosaggio. Impasto. Trasporto. Posa.

– Impianti per conglomerati bituminosi. Produzione. Impianti discontinui. Impianti continui. Impianti per emulsioni bituminose. Trasporto e posa.

– La costruzione della via (tracciamento). Tracciamento planimetrico. Tracciamento altimetrico.

Tracciamento del corpo stradale.

– Lo scavo delle terre. Scavo con esplosivi. Scavo con macchine. Macchine per lo scavo.

– Macchine per il trasporto. Autocarri. Dumper.

– Macchine per spandimento e livellamento.

– Macchine per il costipamento. Il costipamento. Tecnologia del costipamento. Macchine ad azione statica. Macchine ad azione dinamica. Controllo del costipamento.

– Costruzione delle trincee. Pendenza delle scarpate. Metodi di attacco.

– Costruzione dei rilevati. Problemi del piano di posa. Scelta delle terre. La costruzione.

– Manutenzione stradale. Obiettivi della manutenzione. Degradati delle pavimentazioni. Fase della progettazione. Fase del rilevamento dati. Fase dell'analisi dei possibili interventi. Rigenerazione dell'aderenza. Rappezzi. Trattamenti superficiali. Tappeti superficiali. Malte a freddo. Trattamenti superficiali e microtappeti armati. Fresatura e riciclaggio dei conglomerati bituminosi. Rafforzamenti. Manutenzione delle pavimentazioni rigide.

– Tecnica dei lavori ferroviari. Premessa. Smaltimento delle acque. Assodamento. Rincalzatura. Sguarnitura. Riguarnitura e vagliatura. Risanamento della massicciata. Livellazione. Allineamento. Materiali della sovrastruttura ferroviaria.

– Costruzione delle gallerie. Premesse. Il cantiere. Impianto di ventilazione. Tecniche di costruzione delle gallerie. Materiali.

– Studio di redditività. Traffico. Beneficio netto attualizzato. Costo dell'utenza. Costo di esercizio. Capitale investito. Valore residuo. Scelta progettuale.

- Valutazione di impatto ambientale. Metodologia. Normativa. Componenti dei fattori ambientali. Analisi multicriteri. Infrastrutture lineari di trasporto. Aeroporti.
- Certificazione di qualità. Introduzione. Quadro normativo. Sistema qualità. La gestione della qualità nel cantiere stradale. Approvvigionamento. Controllo del processo di produzione. Prove, controlli, collaudi.
- La sicurezza nel cantiere stradale. Cenni ed esempi.
- Atti amministrativi. Contratti. Subappalto. Progetto. Varianti in corso d'opera. Direzione lavori. Tempo di esecuzione. Contestazioni fra committente ed appaltatore. Risoluzione del rapporto. Collaudo. Revisione dei prezzi. Legge Merloni.

Testi consigliati:

G. TESORIERE, *Strade, ferrovie, aeroporti*, voll. 2-3, UTET, Torino.

P. FERRARI, F. GIANNINI, *Ingegneria stradale. Geometrie e progetto di strade*, ISEDI, Torino.

G. DA RIOS, *Intersezioni stradali*, CLUP, Milano.

F.M. LA CAMERA, *Il calcolo del progetto stradale*, Masson, Milano.

Propedeuticità: Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti.

TECNICA DELLE COSTRUZIONI

Docente: **Claudio Ceccoli** prof. ord.

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 parti fondamentali 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 precomprese. 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 II

Docente: **Maurizio Merli** prof. ass.

Le lastre caricate nel loro piano. Le equazioni fondamentali per il calcolo dello stato di tensione. L'equazione di Maxwell-Airy. Le equazioni fondamentali dello stato di deformazione; equazioni di Navier. Soluzione con le differenze finite. Soluzione in forma di polinomi. Soluzione in serie trigonometriche. La trave parete irrigidita lungo il bordo inferiore. Notizie pratiche ed esempi costruttivi.

Lastre curve di rivoluzione. Definizioni e relazioni di carattere geometrico. Le azioni interne. Il regime di membrana con carichi aventi simmetria radiale. Il regime di lastra: la lastra cilindrica, la lastra sferica, la soluzione semplificata di Geckeler. Sistemi di lastre curve di rivoluzione. Notizie pratiche ed esempi costruttivi.

Le lastre curve di forma qualsiasi. Definizioni e relazioni di carattere geometrico. Il regime di membrana. Le membrane cilindriche e direttrice poligonale. Le volte scatolari precomprese. Soluzione trigonometrica delle volte scatolari. Le membrane cilindriche a direttrice qualsiasi. Le lastre di traslazione snelle. Il calcolo delle volte come travi. La lastra cilindrica snella con i bordi rettilinei impediti di ruotare e di spostarsi orizzontalmente. Lastre di traslazione snelle aventi generatrice curva. Il metodo di Pucher, calcolo della membrana effettuato considerando la funzione degli sforzi. La soluzione alle differenze finite. Notizie pratiche ed esempi costruttivi.

Controventamento degli alti edifici. Criteri per la determinazione dello stato di sollecitazione e di deformazione. Controventamento con telai, mensole; associazione di mensole

e telai. Pareti di controventamento con fori: procedimento di Rosman-Back, procedimenti semplificativi. Sistemi continui equivalenti. Pareti solidali a telai ortogonali. Sistemi spaziali; metodi al discreto e metodi al continuo. Notizie pratiche ed esempi costruttivi.

Metodi variazionali. Principi energetici nella teoria delle strutture. Metodi variazionali diretti di approssimazione.

Elementi finiti. Elementi finiti ricorrenti nello studio e nel progetto delle strutture civili. Notizie pratiche ed esempi.

Resistenza limite. L'analisi limite della resistenza delle strutture. Il calcolo delle tensioni in regime elasto-plastico. Il calcolo del coefficiente di sicurezza delle strutture iperstatiche. Teorema di Greenberg e Prager. Il calcolo delle lastre in regime elasto-plastico.

Stabilità dell'equilibrio. Sistemi meccanici discreti. Problemi di autovalori; effetti del II ordine. Carichi e imperfezioni. Stabilità senza biforcazione. Stabilità delle strutture in campo elastoplastico. Metodi per lo studio di strutture metalliche e di c.a. Metodi di soluzione numerica di problemi statici.

Resistenza al fuoco. Incendio reale e convenzionale. Richiami di conduzione del calore. Proprietà dei materiali al variare della temperatura. La resistenza al fuoco di strutture metalliche e di c.a. Stati coattivi e metodi semplificati.

Edifici in muratura. Valutazione delle caratteristiche meccaniche. Criteri di calcolo per gli edifici in muratura. La normativa attuale e la normativa europea. Notizie pratiche ed esempi costruttivi.

TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI

Docente: **Alessandro Orlandi** prof. ord.

Finalità dell'Insegnamento. Si introducono i concetti fondamentali e le modalità per lo studio di un qualsiasi problema di trasporto, nel settore sia spaziale sia strutturale; quindi si porge all'allievo una visione globale della problematica dei trasporti, impostata su un metodo sistemico rivolto, complessivamente o singolarmente, alle reti, ai sistemi di trasporto, all'organizzazione dei servizi.

Problema generale dei trasporti

Analisi del fenomeno del trasporto e definizione della sua problematica. Studio dei problemi di trasporto nei settori spaziale (territorio, azienda) e strutturale (via, veicolo, sistema). Definizione dei processi di studio per la progettazione e per l'organizzazione, dal punto di vista tecnico ed economico.

Le reti di trasporto

Tipologia, forma e funzioni delle reti di trasporto: distribuzione nel territorio e tipo di servizio offerto. Gli elementi della rete: rami, nodi, loro caratteristiche e funzioni; condizioni di continuità sulle linee e di equilibrio nei nodi. Capacità delle linee, dei nodi e della rete nel complesso. L'integrazione delle reti: condizioni generali di integrazione (tecniche ed economiche).

I sistemi di trasporto

Definizione di sistema di trasporto. Sistemi discontinui: terrestri (stradali, ferroviari,

non convenzionali), natanti ed aerei. Sistemi continui: a trazione (a fune, a nastro, a catena) ed a compressione (tubo). Caratterizzazione dei sistemi di trasporto sotto gli aspetti funzionale, operativo, meccanico.

Studio dell'aspetto meccanico dei sistemi: condizioni generali di moto dell'elemento mobile. Definizione delle condizioni preliminari o fondamentali: il sostentamento, la stabilità. Studio delle condizioni di moto: la produzione della potenza motrice; la creazione della reazione di spinta; la guida e la manovrabilità.

La domanda di trasporto

Legge generale della domanda. La domanda di trasporto di persone e di merci. Analisi della domanda mediante un processo di studio a quattro stadi: generazione, distribuzione, scelta modale, assegnazione. Altre modalità di studio.

Problemi di economia dei trasporti

Concetti generali. Analisi economica dell'organizzazione e della gestione delle aziende di trasporto pubbliche e private. I metodi di analisi per la valutazione della redditività degli investimenti nel settore dei trasporti.

Esercitazione riguardante il progetto di organizzazione di un servizio di trasporto.

Testi consigliati:

A. ORLANDI, *Principi di ingegneria dei trasporti*, Ed. Pàtron, Bologna.

A. ORLANDI, *Meccanica dei trasporti*, Ed. Pitagora, Bologna.

M. MATASSA, *Le caratteristiche funzionali degli autoveicoli da trasporto*, Pàtron, Bologna.

A. ORLANDI, *Studio dei sistemi di trasporto*, Ed. Pitagora, Bologna.

Altre pubblicazioni saranno indicate dal docente.

Svolgimento degli esami: Prova orale - È richiesta al candidato la presentazione e la distruzione della esercitazione scritta svolta in aula durante lo svolgimento dell'insegnamento.

Tesi di laurea

Pianificazione dei trasporti a livello urbano ed extraurbano. Organizzazione dei sistemi di trasporto; organizzazione e regolazione del traffico. Studio, fattibilità, tecnica ed economica, progettazione di sistemi di trasporto e loro particolari.

TECNICA URBANISTICA

Docente: **Alberto Corlaita** prof. ord.

L'Insegnamento è articolato 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 hanno conformato 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 tecniche 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

Docente: **Giovanni Crocioni** prof. ass.

L'ambito disciplinare nel quale l'Insegnamento si colloca, risulta definito dalle relazioni fra programmazione economica e pianificazione territoriale. L'analisi di tali relazioni connette i diversi livelli decisionali e gestionali della programmazione economica con le aree territoriali organizzate attraverso gli interventi pianificatori e qualificate sulla base delle esigenze funzionali e abitative degli insediamenti.

In tale ambito culturale, l'Insegnamento si propone di analizzare il ruolo e il contributo delle tecniche dell'urbanistica utili a stabilire un rapporto tra problemi dell'organizzazione programmatoria dello sviluppo e problemi di realizzazione dello spazio insediativo, in una prospettiva di mutua interazione.

Contenuti e programmazione dell'Insegnamento

I Fase

Valutazione dei problemi dello sviluppo economico e metodi della pianificazione rilevabili attraverso l'analisi delle strutture ambientali e l'organizzazione dello spazio abitato.

1. Elementi di analisi territoriale e richiamo dei contributi fondamentali alla formulazione di una teoria dello sviluppo e della formazione dei fenomeni territoriali, in dipendenza da una utilizzazione del suolo basata sull'esigenza di un corretto uso delle risorse.
2. Definizione del problema del controllo economico del piano urbanistico e territoriale, attraverso la trattazione dei criteri delle economie di dimensione e di localizzazione.

II Fase

Introduzione degli elementi fondamentali della scienza regionale in rapporto alle realtà economiche e istituzionali.

1. Valutazioni di metodo sul rapporto fra programmazione economica e pianificazione territoriale.
2. Criteri di confronto tra assetti territoriali alternativi; elementi per l'individuazione e

il trattamento delle variabili economiche tecnologicamente controllabili; valutazione dei costi della crescita urbana.

3. Strumenti analitici per la formazione delle decisioni.

III Fase

La programmazione nella esperienza degli anni '60 e '70: programmazione indicativa, prescrittiva, econometrica.

1. L'esperienza italiana di programmazione nazionale: dallo schema Vanoni al programma economico nazionale 1973-77.
2. L'esperienza dei Comitati Regionali di Programmazione Economica.
3. L'esperienza delle regioni italiane nella legislatura 1970-75 nei settori della programmazione economica e della pianificazione territoriale.
4. I criteri procedurali e normativi della programmazione dello sviluppo e dell'assetto del territorio.

TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA

Docente: **Paolo Colombo** prof. ass.

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.

I metalli. Leghe ferro-carbonio. Ghise. Trattamenti termici. Acciai di uso generale e di qualità per l'edilizia. Corrosione e protezione delle strutture metalliche. Acciai inossidabili. Leghe dell'alluminio e loro applicazioni. Normativa.

I leganti. Calce, gesso, cemento. Malte ordinarie e speciali. Cemento Portland: presa ed indurimento. Struttura porosa e resistenza meccanica della pasta di cemento. Cementi normati UNI-ENV197/1. Calcestruzzo: generalità, mix-design. Aggregati: proprietà e normativa. Proprietà del calcestruzzo fresco ed indurito. Additivi per calcestruzzo. Durabilità delle opere in calcestruzzo. Normativa sui cementi, sugli aggregati e sui calcestruzzi.

Le materie plastiche. Materiali termoplastici e termoindurenti e loro proprietà. Impieghi in edilizia.

I vetri. Struttura e proprietà. Impieghi in edilizia.

I ceramici. Ceramici tradizionali per impiego in edilizia. Caratteristiche, prestazioni e normativa.

Testo consigliato:

G. RINALDI, *Materiali per l'Ingegneria*, Siderea, Roma, 1999 (Parte I, II, III e IV).

Per approfondimenti sul calcestruzzo:

V. ALUNNO ROSSETTI, *Il Calcestruzzo, Materiali e Tecnologia*, MacGraw-Hill Libri Italia s.r.l., Milano, 1995.

Per consultazione:

AA.VV. (a cura di AIMAT), *Manuale dei Materiali per l'Ingegneria*, MacGraw-Hill Libri Italia s.r.l., Milano, 1996.

P. PEDEFERRI e L. BERTOLINI, *La corrosione nel calcestruzzo e negli ambienti naturali*, MacGraw-Hill Libri Italia s.r.l.

Esame: orale.

TEORIA E PROGETTI DEI PONTI

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 precomprese. 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). Cenni 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 di Tecnica delle Costruzioni.

Esami orali.

Tesi di laurea. Indirizzo pratico-applicativo nella progettazione di un ponte e nella valutazione del suo costo.

TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN ACCIAIO

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. *I collegamenti 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.

TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE

Docente: **Giannino Praitoni** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di fornire la metodologia analitica ed i criteri sperimentali atti a valutare e ad ottimizzare le condizioni di circolazione sulla rete dei trasporti. Perciò dopo una sintetica illustrazione delle relazioni fra domanda ed offerta, si passa allo studio dell'organizzazione della circolazione sulle diverse reti (stradale, ferroviaria, aerea), utilizzando anche i principali strumenti di analisi statistica, di ricerca operativa e di simulazione.

In tale ambito vengono descritti i modelli rappresentativi e le tecniche di rilevamento sperimentale dei flussi veicolari, le caratteristiche funzionali e i criteri applicativi dei sistemi di controllo e regolazione della circolazione.

Programma

Richiami sulle tematiche dei trasporti nel settore spaziale

La pianificazione di medio-lungo termine, l'organizzazione della circolazione, la teoria del flusso veicolare.

Il fenomeno circolatorio e i suoi parametri caratteristici. Aspetti strutturali e funzionali e metodi di rappresentazione del sistema dei trasporti. Le caratteristiche della domanda e la sua rappresentazione. Le relazioni domanda-offerta e le condizioni di equilibrio della rete.

Problemi generali dell'organizzazione della circolazione. La programmazione e la gestione dei flussi. Sistemi a traffico deterministico e sistemi a traffico casuale.

La circolazione stradale. I parametri caratterizzanti il deflusso stradale e la loro rilevazione sperimentale. I modelli del deflusso e la loro matrice analitica ed empirica (curve di deflusso sui rami, funzioni di costo dei rami e dei nodi). Capacità e livello di servizio in condizioni di flusso ininterrotto e di flusso interrotto secondo l'Highway Capacity Manual 1985 e 1994.

I criteri generali di organizzazione della circolazione nelle aree urbane e metropolitane tenuto anche conto della normativa dei Piani Urbani del Traffico (PUT): ipotesi alternative di assetto della rete. Controllo semaforico e gestione integrata del traffico urbano.

La circolazione ferroviaria. Le caratteristiche di marcia dei veicoli nel sistema ferroviario. I parametri caratterizzanti la circolazione ferroviaria: tipologia delle linee, velocità, distanziamento. Sistemi e tecnologie per la regolazione della marcia ferroviaria: sistemi di dirigenza, impianti di blocco, di segnalamento e controllo. Valutazione della potenzialità delle linee.

La circolazione aerea. I parametri fondamentali del volo. L'organizzazione generale dell'aviazione civile secondo le norme ICAO: suddivisione degli spazi aerei e dei servizi di controllo del traffico. Le procedure di programmazione, di controllo e regolazione del traffico in linea e nei nodi, secondo la tipologia del volo. La capacità della rete aerea.

Esercitazioni. L'insegnamento è integrato dallo svolgimento di esercitazioni riguardanti esempi applicativi semplificati delle problematiche della circolazione.

Testi consigliati:

A. ORLANDI, *Principi di ingegneria dei trasporti*, Pàtron, Bologna.

A. ORLANDI, *Studio dei sistemi di trasporto*, Pitagora, Bologna.

C. BUCHANAN, *Il traffico urbano*, Pàtron, Bologna.

FERRARI-GIANNINI, *Ingegneria stradale*, vol. I, ISEDI, Milano.

E. CASSETTA, *Metodi quantitativi per la pianificazione dei sistemi di trasporto*, Cedam, Padova.

M. OLIVARI, *Elementi di teoria e tecnica della circolazione stradale*, F. Angeli, Milano.

F.D. HOBBS, *Traffic planning and Engineering*, Pergamon Press.

G.B. HUTCHINSON, *Principles of urban transportation system planning*, McGraw-Hill, New York.

G. VICUNA, *Organizzazione e tecnica ferroviaria*, CIFI, Roma.

M. DEL VISCOVO, *Economia dei trasporti*, UTET, Torino.

ASHFORD-WRIGHT, *Airport engineering*, Wiley, New York.

R. TREBBI, *L'IFR per i piloti dell'aviazione civile*, DOMUS, Milano.

TOCCHETTI-MALANGONE, *La capacità di traffico degli aeroporti*, Idelson, Napoli.

Manuali

Hughway Capacity Manual (HCM) ed. 1985, 1994.

Annessi tecnici dell'ICAO.

Transportation and traffic engineering handbook - Institute of transportation engineers - Concise encyclopedia of traffic & transportation systems - Pergamon Press.

Svolgimento degli esami: prova orale. È richiesta al candidato la presentazione e la discussione delle esercitazioni scritte svolte durante l'insegnamento.

Tesi di laurea: organizzazione, controllo e gestione del traffico sulle varie reti.

TERMINALI ED IMPIANTI DEI TRASPORTI

Docente: **Giancarlo Foresti** prof. ass.

L'Insegnamento indica i criteri di scelta per la progettazione funzionale di terminali ed impianti per i trasporti, specie terrestri. La materia è trattata con taglio pratico e professionale, non trascurando di ricercare e di sviluppare una formulazione teorica di fenomeni ancora conosciuti solo a livello empirico.

La materia è particolarmente indicata, non solo per gli ingegneri della sezione trasporti, ma anche per gli edili che professionalmente si indirizzano verso la progettazione di edifici pubblici di trasporti.

1) *Problemi generali preliminari* - Richiami di tecnica ed economia dei trasporti. Cenni di meccanica della locomozione. Le reti e gli elementi di base (nodo e linea).

2) *I sistemi di trasporto* - Sistema stradale e ferroviario. Linee, nodi, reti. Capacità degli elementi dei sistemi. Veicoli e loro caratteristiche in relazione al servizio richiesto. Regolazione del traffico stradale mediante impianti semaforici. Studio e dimensionamento di massima di un sistema semaforico stradale. Cenni sulla circolazione ferroviaria. Processo di ottimizzazione gestionale delle linee di una rete con i metodi della programmazione lineare.

3) *Intermodalità nel settore passeggeri e merci* - Come si realizza e con quali dispositivi. Rassegna dei mezzi di movimentazione intermodale e loro campo d'impiego.

4) *Progettazione di impianti per i trasporti* - Esame generale ed economico del problema per la determinazione del tipo di impianto. Esame ambientale per la valutazione della domanda; scelta dell'ubicazione dell'impianto in relazione alla localizzazione della domanda ed alla struttura delle reti di trasporto; quantificazione della domanda per il dimensionamento dell'impianto. Studio funzionale e dimensionamento di alcuni impianti tipici. Applicazioni di ricerca operativa nel dimensionamento di strutture di servizio negli impianti nodali (autostazioni, porti, interporti, parcheggi).

a) *Parcheggio multipiano per autovetture* - Criteri generali per la scelta ubicazionale ed il dimensionamento, schemi funzionali dell'impianto, modalità di esercizio; soluzioni costruttive, anche in relazione alle normative di sicurezza.

b) *Autostazioni*: esame del traffico di passeggeri e di autobus, scelta del tipo di piazzale; dimensionamento del piazzale e delle banchine; relazioni fra impianto e ambiente urbano, per quanto riguarda sia la circolazione veicoli sia quella dei pedoni.

c) *Centro smistamento merci*: esame del tipo di movimento merci; altre attività complementari o supplementari da svolgere nell'ambito del centro merci; collegamento con le reti stradale e ferroviaria; dimensionamento di massima dei magazzini, della ribalta, dei piazzali; scelta delle attrezzature per la movimentazione delle merci; particolare attenzione per il caso di uso di containers.

d) *Scali ferroviari - portuali - aeroportuali* - Vengono illustrate le problematiche generali e presi in esame modelli di strutture di recente realizzazione al fine di analizzare gli aspetti applicativi di quanto trattato a livello teorico in relazione anche all'evoluzione dei vettori, dei sistemi di movimentazione intermodale ed alle nuove esigenze di trasporto.

Testi consigliati:

M. MATASSA, *Le caratteristiche funzionali degli autoveicoli da trasporto*, Pàtron, Bologna.

M. MATASSA, *Il progetto di massima delle autostazioni passeggeri*, Pàtron, Bologna.

A. ORLANDI, *Teoria delle file d'attesa*, Pàtron, Bologna.

MAYER, *Impianti ferroviari: tecnica ed esercizio*, CIFI.

VICUNA, *Organizzazione e tecnica ferroviaria*, CIFI.

Pubblicazioni indicate dal docente.

Esami orali: è richiesta al candidato l'esposizione e la discussione di tutti i temi esposti durante lo svolgimento dell'insegnamento.

Propedeuticità: Tecnica ed economia dei trasporti.

Tesi di laurea: studio di fattibilità e progettazione di massima di impianti di trasporto e di terminali.

TOPOGRAFIA

Docenti: **Vladimiro Achilli** prof. ord.

La posizione generale del problema del rilievo: - Richiami analitici e definizione della superficie di riferimento - Il geode e l'ellissoide terrestre - La geometria dell'ellissoide di rotazione - I fondamenti teorici della geodesia operativa - Determinazione delle coordinate curvilinee dei punti sulla superficie di riferimento - La rappresentazione dell'ellissoide sul piano: le rappresentazioni cartografiche - Teoria della compensazione delle misure - Elementi di statistica e di calcolo delle probabilità - La compensazione delle osservazioni dirette, indirette e condizionate - Strumenti e operazioni di misura: misura di angoli azimu-

tali e zenitali - Misura diretta e indiretta delle distanze - Misura di distanze con onde modulate - Misure dirette e indirette delle differenze di quota: livelli - Operazioni per il rilievo topografico: triangolazioni e trilaterazioni, metodi di intersezione, poligonal, rilievo dei dettagli - Metodi operativi, di calcolo e di compensazione delle diverse fasi di rilievo topografico - Determinazione delle differenze di quota: livellazioni trigonometriche e geometriche - Le operazioni topografiche per il progetto, il tracciamento e il controllo di opere di ingegneria civile - Principi fondamentali del rilievo fotogrammetrico.

Testi consigliati:

G. FOLLONI, *Principi di Topografia*, Pàtron ed.

G. INGHILLERI, *Topografia Generale*, UTET.

Esistono dispense per la parte rilievo e strumenti di misura, non trattata nel testo del Prof. Folloni.

Esami orali, preceduti da una prova pratica strumentale obbligatoria per l'ammissione. Si svolgono *esercitazioni* pratiche e strumentali facoltative suddividendo gli studenti in gruppo di lavoro di 8-10 unità;

Tesi di laurea

Le tesi sono a prevalente indirizzo sperimentale. Attualmente i campi operativi di maggiore interesse riguardano la subsidenza ed il controllo geodetico dei movimenti recenti della crosta, e le applicazioni non cartografiche del rilievo fotogrammetrico.

TOPOGRAFIA II

Docente: **Marco Unguendoli** prof. ord.

Programma

Richiami ed integrazioni sul trattamento delle misure. Interpretazione statistica dei risultati. Regressioni polinomiali. Adattamento dei dati a curve e superfici date: curve stradali, curve di compattamento del terreno, cilindro, sfera ellissoide. Verifica della congruità geometrica fra progetto ed opera eseguita.

Cenni di geodesia spaziale ed approfondimento delle problematiche relative al GPS con particolare riguardo alle applicazioni non cartografiche: navigazione aerea, terrestre e marittima, movimenti del suolo, metodo differenziale e cinematico, RTK...

Richiami nei sistemi di riferimento e passaggi da uno all'altro.

Rototraslazione con variazione di scala bi e tridimensionale.

Strumenti e tecniche per il rilievo topografico di altissima precisione per applicazioni non cartografiche: strumenti integrati, livello digitale, livelli idrostatici, livello zenitale, collimatori, clinometri, tiltmetri, estensimetri, accelerometri...

Movimenti e deformazioni del terreno e di grandi manufatti.

Stati tensionali del terreno dedotti da misure geodetiche.

Applicazione dei metodi topografici a problemi di Ingegneria:

- tracciamento di opere di ingegneria civile: strade, gallerie, aeroporti, fabbricati
- monitoraggio di movimenti di edifici storici, di dighe, silos
- misure topografiche per il collaudo di grandi strutture: ponti, solai, pensiline, capannoni industriali...
- rilievi speciali: frane, cave, rilievi batimetrici, catasto stradale...
- monitoraggio e controllo di macchine utensili
- calcolo di aree e volumi.

L'Insegnamento sarà completato da esercitazioni pratiche con la strumentazione più moderna.

(40) CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA EDILE**ACUSTICA APPLICATA**Docente: **Massimo Garai** prof. ass.**1) Fondamenti**

Acustica fisica - Oscillatore armonico con il formalismo complesso. Analogia elettrica. Equazione delle onde acustiche. Principali grandezze acustiche. Velocità del suono nei vari mezzi. Onde piane, sferiche, cilindriche. Sovrapposizione di campi sonori: onde stazionarie, interferenze, battimenti «anti-suono». Effetto Doppler. Fenomeni acustici ad un'interfaccia (assorbimento, riflessione, trasmissione, diffusione).

Assorbimento acustico - 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 d'ottava e di 1/n d'ottava. Curve di ponderazione. Metrica dei livelli sonori.

Acustica psicofisica - Sistema uditivo umano. Valutazione delle sensazioni uditive. 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. Effetti di risonanza e di coincidenza. Pareti doppie e pareti multistrato. Perdite d'isolamento dovute ad aperture. Trasmissione laterale.

Vibrazioni meccaniche - Fisica elementare delle vibrazioni. Risonanza. Concetto di trasmissibilità. Cenni al metodo SEA. Effetti e controllo delle vibrazioni dei macchinari, nelle costruzioni, sull'uomo.

2) Strumentazione

Microfoni di misura. Accelerometri. Amplificatori. Filtri. Fonometri. Analizzatori real time e FFT. Misuratori di intensità sonora. Registrazione e riproduzione digitale. Calibrazione e taratura. Leggi e norme tecniche.

3) Applicazioni

Acustica architettonica - Descrittori dell'intelligibilità del parlato. L'acustica dei teatri: cenni storici fino all'opera di Sabine. L'opera di Beranek. I tempi di prima riverberazione. L'integrale di Schroeder. Le frazioni energetiche. Criteri per la sensazione spaziale. La teoria di Ando. La ricerca contemporanea.

Acustica edilizia - Requisiti acustici dei singoli componenti edilizi. Prestazioni acustiche dell'edificio nel suo insieme. 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. Apparat

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. Divergenza geometrica. Attenazione 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 di risposte all'impulso. Misure di tempo di riverberazione. Misure di assorbimento acustico. Misure di intelligibilità. Tecniche binaurali di misura. Misure di potere fonoisolante e di isolamento acustico. Misure di livello di rumore di calpestio. Indici di valutazione. Misure di potenza sonora. Misure di vibrazioni. Leggi e norme tecniche.

5) Modelli fisici e numerici

Vantaggi e limiti dei modelli fisici. Classificazione dei modelli fisici. Modelli acustici in scala. Criteri di similitudine. Vantaggi e limiti dei modelli numerici. Sorgenti virtuali. Ray tracing. Beam tracing. Confronto tra le varie tecniche. Auralizzazione.

Esercitazioni in laboratorio

Misure di tempo di riverberazione, di assorbimento acustico, di isolamento acustico. Acquisizione ed analisi digitale di risposte all'impulso. Utilizzo di modelli numerici per la progettazione acustica di grandi sale. Esempi tratti da casi reali. Utilizzo di modelli numerici per la previsione dell'impatto acustico ambientale del traffico stradale.

Testi consigliati

G. MONCADA, LO GIUDICE, S. SANTOBONI, *Acustica*, Masson/ESA, Milano, 1995.

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 orali.

Tesi di laurea

A carattere fondamentale agganciate alle attività di ricerca in corso. A carattere applicativo, con analisi e risoluzione di casi reali.

ANALISI MATEMATICA I (vedi 42)**ANALISI MATEMATICA II (vedi 42)****ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA I**

Docente: **Gianni Braghieri** prof. ord.

Tema

Progetto di architettura per la città storica.

Contenuto

L'insegnamento si propone come obiettivo 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 una tecnica capace di rispondere alle numerose questioni poste nel nostro paese, e particolarmente alla committenza pubblica, il progetto si propone, con obiettivi 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 nell'area 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 propria 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 consolidata quale 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 perseguimento dell'obiettivo principale dell'insegnamento che consisterà nel dare agli studenti la capacità critica di leggere il progetto di architettura. Per questa ragione 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 europee dove 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 durante l'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 durante l'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 per l'ammissione all'esame finale.

Esame: scritto e orale.

ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA II

Docente: **Giorgio Praderio** prof. ass.

L'Insegnamento completa la formazione del progettista generale dell'architettura: è dunque un'insegnamento che conduce lo studente a perfezionare l'approfondimento progettuale sino al controllo architettonico finale e agli sviluppi esecutivi.

Il programma parte dalle esperienze architettoniche contemporanee effettuate nelle città d'Europa, viste nelle diversità regionali e nei caratteri distintivi locali (critica agli stili internazionali).

Lo «sviluppo sostenibile» della città europea, con le sue parti riconoscibili (luoghi, reti, risorse, beni ed organismi edilizi), è considerato un riferimento primario.

La Città Progetto costituisce il metodo di lavoro prevalente: identità dei luoghi, tutela delle risorse, compatibilità ambientale, complessità del metodo, originalità delle soluzioni, integrazione dei contenuti, singolarità dei casi.

La qualità globale dell'organismo edilizio deve essere la conclusione del percorso progettuale: conoscenza della domanda abitativa (o produttiva, di attrezzature, ecc...), consapevolezza culturale, correttezza del linguaggio formale, coerenza della distribuzione degli spazi e dei percorsi, rapporti armonici a scala umana da rispettare, appropriatezza tecnologica e affidabilità dei materiali, risparmio energetico e sicurezza civile, contenimento dei costi e fattibilità ingegneristica.

Il progetto è perciò visto come procedura conoscitiva, intenzionale e decisionale, rivolta alla costruzione dello spazio umano, capace di avvalersi dei servizi di CAAD e delle procedure di EIA e EIS (laboratori di modellistica).

Il programma comporta esercitazioni tematiche individuali di architettura e prevede prove scritte in aula.

Viene fornita una bibliografia essenziale.

Esame: scritto e orale

ARCHITETTURA TECNICA I

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 riferimento. 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 criteri 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 murature 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

Docente: **M. Rinaldi Biolcati** ric.

Disciplina finalizzata alla valutazione dell'applicabilità dei procedimenti e dei sistemi costruttivi nella complessità del processo di progettazione; fattore caratterizzante è il rapporto tra tecnologia e tipologia edilizia, nelle sue componenti e con particolare attenzione alle correlazioni tra organizzazione costruttiva, impianto spaziale/distributivo e risoluzione formale, alle diverse scale di lettura e di progetto.

La tipologia viene considerata come fondamento disciplinare della architettura a livello di lettura critica e di applicazione della metodologia progettuale, nell'ambito dell'edilizia di base e della edilizia specialistica, con particolare riferimento alle loro mutue relazioni.

L'insegnamento vuole inoltre evidenziare l'importanza che la componente tecnologico-costruttiva ha nella formazione del processo tipologico e nella definizione dei caratteri del luogo e dell'ambiente costruito.

Esercitazioni

Concernono il rapporto tra la lettura tipologica e la strutturazione del progetto, in relazione al contesto; si avvalgono di analisi e di elaborazioni in laboratorio progettuale.

Riferimenti bibliografici

- C. CANIGGIA, G.L. MAFFEI, *Composizione architettonica etipologia 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*, Vol. I, Ed. CLUEB, Bologna, 1988.
- E. MANDOLESI, *Edilizia*, UTET, Torino, 1978.
- A. PETRIGNANI, *Tecnologie dell'architettura*, Ed. Görlich, Milano, 1981.

CARATTERI COSTRUTTIVI E DISTRIBUTIVI DEGLI EDIFICI

Docente: **Adolfo Cesare Dell'Acqua** prof. ord.

L'insegnamento si propone di fornire le informazioni culturali di base e degli strumenti metodologici e operativi per la conoscenza dei caratteri degli organismi edilizi e architettonici, che appartengono a specifici contesti costruiti.

Questi caratteri, derivati attraverso un procedimento di lettura dal vero dei tipi edilizi, vengono considerati, in un'impostazione storico-critica, come insieme delle diverse componenti che, a livello formale, spaziale-distributivo, tecnico-costruttivo, connotano gli organismi individuati alle successive scale del costruito.

L'insegnamento è quindi orientato, da un lato, all'individuazione delle valenze insite nello sviluppo dei processi tipologici, dall'altra alla successiva elaborazione di criteri e soluzioni progettuali negli interventi su una specifica realtà ambientale.

Programma

In rapporto ai presupposti di metodo sopra richiamati, la materia dell'insegnamento si articola nei seguenti argomenti:

I - Caratteri del costruito: concetto di *organismo* alle diverse scale; principi di continuità, gradualità, permanenza e trasformazione nei processi formativi degli organismi insediativi.

II - Tipologia degli elementi e dei sistemi costruttivi nella formazione degli organismi edilizi e architettonici.

III - Il rapporto lettura/progetto.

Metodologia di lettura nell'edilizia di base. Cicli storici e processi tipologici; rapporti tra tipologia e analisi del luogo naturale e costruito; correlazione tra caratteri individuati nella lettura graduale alle successive scale di strutturazione del territorio; struttura dei percorsi e degli organismi spaziali; sintesi dei caratteri nei tipi ambientali.

La progettazione nell'edilizia di base. Correlazione tra funzioni e componenti progettuali, tecniche e compositive.

Le componenti alla scala dell'edificio: materiali; struttura costruttiva; impianto spaziale-distributivo; struttura formale e organismo architettonico.

Riferimenti all'edilizia specialistica. Analisi delle esigenze e criteri di progettazione in alcuni esempi di edilizia per attività terziarie e di servizio.

IV- *Fasi e strumenti operativi nella progettazione.* Metodi di progettazione sistematica a livello ambientale e tecnologico.

Definizione di funzioni-attività, individuazione dei relativi ambiti spaziali e dei loro modelli organizzativi; definizione dei requisiti funzionali di prestazione, individuazione degli elementi tecnici e organizzazione nel sistema costruttivo.

Processo di progettazione in rapporto agli *aspetti normativi*. Riferimenti alla normativa di attuazione degli strumenti di pianificazione urbanistica e dei regolamenti edilizi; rapporti fra normativa tecnica (a livello ambientale e tecnologico) e regole tipologiche.

Esercitazioni

Le esercitazioni costituiscono parte integrante dell'iter formativo dell'insegnamento e sviluppano, a livello applicativo, i presupposti teorici e i riferimenti di metodo esposti nelle lezioni; come momento di incontro e confronto a livello seminariale si avvalgono di specifici contributi, esperienze progettuali e comunicazioni esterne.

I temi di esercitazioni consistono in un'esperienza di lettura su un definito contesto costruito (preferibilmente nell'ambito di organismi urbani individuati nel territorio regionale), nel confronto degli elementi dedotti dalla lettura con criteri di intervento nell'area di studio e nella successiva elaborazione di soluzioni progettuali.

Riferimenti bibliografici

- R. BOLLATI, S. BOLLATI, G. LONETTI, *L'organismo architettonico*, Allinea, Firenze, 1980.
 P. MARETTO, *Realtà naturale e realtà costruita*, Uniedit, Firenze, 1984.
 G. CANIGGIA, G.L. MAFFEI, *Composizione architettonica e tipologia edilizia*, Vol. I; *La lettura dell'edilizia di base*, Vol. II: *Il progetto nell'edilizia di base*, Marsilio ed., Venezia, 1987.
 G. CATALDI, *Lezioni di architettura*, Uniedit, Firenze, 1981.
 A. ROSSI, *L'architettura della città*, Clup, Milano, 1987.
 AA.VV. (COORD. G. TREBBI), *Housing in Europa*, I e II parte, Ed. L. Parma, Bologna, 1978-1982.
 L. QUARONI, *Progettare un edificio. Otto lezioni di architettura*, Mazzotta ed., Milano, 1977.

CHIMICA

Docente: **Giovanni Milani** prof. ass.

Struttura atomica della materia

Sistemi omogenei ed eterogenei, concetto di fase - Elementi chimici e composti - Cenni storici sulle esperienze per individuare l'atomo, le sue particelle costitutive, le molecole - Dimensioni e massa dell'atomo; cenni sulla determinazione - Gli isotopi - Peso atomico e sue scale.

Struttura del nucleo

Numero di massa e numero atomico; instabilità - Radioattività naturale - Difetto di massa ed energia nucleare; cenni sui processi di fissione e di fusione.

Struttura elettronica dell'atomo

Quantizzazione dell'energia e modello atomico di Bohr; transizioni elettroniche e spettri - Principio di indeterminazione; natura dualistica dell'elettrone - Equazione di Schrodinger, le funzioni d'onda - Numeri quantici ed orbitali: livelli energetici per l'atomo di idrogeno; orbitali atomici in atomi con più elettroni - Distribuzione degli elettroni negli atomi e sistema periodico: principio di Pauli, regola di Hund, periodi, gruppi - Variazioni periodiche delle proprietà chimiche e fisiche degli elementi - Descrizione dei gruppi: elementi tipici, serie di transizione.

Legame chimico

Il legame jonico, potenziale di ionizzazione ed affinità elettronica - Valenza jonica - struttura e proprietà dei composti jonici - Il legame covalente semplice e multiplo, orbitali e geometria molecolare, orbitali ibridi e struttura di alcune molecole poliatomiche tipiche. Orbitali molecolari delocalizzati - Concetto di isomeria - Legame covalente di coordinazione - Legame metallico - Legami deboli fra le molecole: legame a idrogeno, forze di Van der Waals.

Lo stato gassoso

Richiami alle leggi fondamentali, temperatura assoluta - Equazione di stato dei gas ideali ed equazione di Van der Waals per i gas reali - Liquefazione degli aeriformi: diagramma di Andrews, temperatura critica, tensione di vapore.

Lo stato liquido e le soluzioni

Le forze intermolecolari e le proprietà fisiche dei liquidi - Tipi diversi di soluzioni: con solvente aeriforme, liquido e solido - La solvatazione - Modi di esprimere la concentrazione delle soluzioni: % in peso, % in volume, frazione molare, pressione parziale e legge di Dalton, molarità - Soluzioni ideali e non: legge di Raoult - Abbassamento crioscopico e innalzamento ebullioscopico - Distillazione frazionaria, azeotropi.

Lo stato solido

Solidi amorfi e solidi cristallini: cristalli jonici, cristalli covalenti, cristalli molecolari.

Reazioni chimiche

Richiamo alle leggi classiche delle combinazioni chimiche, formule chimiche e loro determinazione - Calcoli stechiometrici - Reazioni con trasferimento di elettroni: ossidazioni e numero di ossidazione - Peso equivalente, grammoequivalente, normalità delle soluzioni.

Equilibrio chimico

Primo principio della termodinamica, entalpia - Termochimica: legge di Hess e sue applicazioni, calore di formazione e di combustione - Secondo principio della termodinamica, entropia e probabilità termodinamica di stato - Terzo principio della termodinamica - Energia libera.

Condizioni di spontaneità per le reazioni

Isotherma di Van't Hoff, costante di equilibrio - Diverse espressioni della costante di equilibrio, legge dell'azione di massa - Variazioni della costante di equilibrio con la temperatura - Principio dell'equilibrio mobile di Le Chatelier: azione della pressione e delle concentrazioni - Calcolo della composizione all'equilibrio e del rendimento di una reazione.

Equilibri jonici in soluzione acquosa

Prodotto jonico dell'acqua - Acidi e basi forti e deboli: dissociazione progressiva dei poliprotici - pH e calcolo relativamente ad acidi e basi forti, e ad acidi e basi deboli monoprotici - Idrolisi - Soluzioni tampone - Elettroliti anfoteri - Cenni all'analisi volumetrica - Indicatori di pH.

Equilibri eterogenei

Espressione della costante negli equilibri eterogenei - Equilibrio di solubilità, prodotto di solubilità - Equilibri fra fasi diverse, regola delle fasi di Gibbs - Equazione di Clausius Clapeyron - Diagrammi di stato nei sistemi di un componente: acqua, anidride carbonica, solfo - Diagrammi di stato nei sistemi a due componenti: equilibri solido liquido: totale immiscibilità, completa miscibilità, composti con punto di fusione congruente e incongruente, lacuna di miscibilità con trasformazione e peritettica - Regola della leva.

Elettrochimica

Conduttori di seconda specie. Elettrodo elettrochimico e pile elettrochimiche - Potenziali di elettrodo e serie elettrochimica - Equazione di Nernst - Accumulatori - Cenni sulla corrosione elettrochimica - Elettrolisi e leggi di Faraday, tensione di scarica degli elettroliti.

Cinetica chimica

Velocità di reazione, equazione cinetica - Ordine di reazione molecolarità - Influenza della temperatura sulla velocità di reazione, teoria sulle collisioni, complesso attivato, equazione di Arrhenius - Catalizzatori.

Chimica organica

Struttura e nomenclatura di composti semplici delle classi: idrocarburi, alcoli, eteri, fenoli, acidi, anidridi, esteri, aldeidi, chetoni, ammine.

L'Insegnamento comprende anche esercizi con calcoli numerici.

Testi consigliati:

G. MILANI, *Lezioni di Chimica a studenti di ingegneria*, ed. Esculapio.

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di chimica*, ed. UTET, Torino

P. MANARESI, E. MARIANUCCI, *Problemi di Chimica per ingegneria*, ed. Esculapio.

Esame: orale.

COMPOSIZIONE E PROGETTAZIONE URBANA

Docente: **Celestino Porrino** prof. ass.

DISEGNO

Docente: **Fabrizio Ivan Apollonio** ric.

DISEGNO DELL'ARCHITETTURA

Docente: **Roberto Mingucci** prof. ass.

L'Insegnamento intende sviluppare, attraverso lezioni ed esercitazioni pratiche nel laboratorio CAD recentemente allestito dal DAPT, la conoscenza della rappresentazione esecutiva del progetto edilizio e di architettura, fornendo anche la conoscenza di base della strumentazioni informatica necessaria alla rappresentazione tecnica ed alla modellazione del progetto (bidimensionale e tridimensionale).

Argomenti delle lezioni e delle esercitazioni

- La rappresentazione del progetto di Architettura nelle sue fasi di realizzazione.
- La rappresentazione del sistema spaziale architettonico.
- La rappresentazione del sistema tecnologico costruttivo.
- La rappresentazione del controllo quantitativo e qualitativo del progetto.
- La progettazione e composizione degli elaborati del progetto Definitivo ed Esecutivo.
- La strumentazione interattiva per la rappresentazione digitale del progetto di Architettura.
- Interazione e comunicazione fra i "soggetti" del Disegno Interattivo (DI).
- Linguaggio di comandi per il DI.
- Creazione di archivi e componenti per il DI.
- Simulazione e modelli per la valutazione di impatto del progetto di Architettura.

DISEGNO II (vedi 42)

ECONOMIA REGIONALE

Docente: **Piero Secondini** prof. ass.

L'Insegnamento ha per obiettivo l'estensione dei concetti generali, introdotti nell'insegnamento di istituzioni di economia, all'ambito specifico dell'economia dello spazio. Questa si costituisce come dimensione disciplinare specifica dedita all'analisi ed all'interpretazione del ruolo dello spazio nel comportamento dei soggetti economici (le famiglie, le imprese).

La trattazione di questi argomenti viene affrontata con riferimento nello stesso tempo allo spazio astratto ed allo spazio fisico (nella sua dimensione morfologica ed ambientale) a partire da una sintetica rilettura storica dei principali contributi in questa direzione. L'analisi e l'apprezzamento di questi fenomeni comporta un preliminare richiamo ad alcuni aspetti propri della "statistica economica" (con riferimento alle fonti di dati, al significato dei dati ed alle modalità del loro utilizzo).

Vengono quindi illustrate e commentate le principali categorie teoriche che hanno per obiettivo la spiegazione dei comportamenti di famiglie ed imprese nello spazio (urbano e regionale). Vengono approfonditi gli strumenti di analisi propri dell'economia regionale al fine di individuare e valutare la struttura delle relazioni economiche che si generano nello

spazio e la loro proiezione territoriale (in termini di meccanismi di formazione delle agglomerazioni urbane, di localizzazione di attività produttive, di interazioni fra luoghi). A partire da una rassegna delle tecniche per l'analisi regionale si affrontano i temi relativi all'economia politica della pianificazione territoriale, alla popolazione e lo sviluppo regionale ed alla dimensione della città in relazione al processo di trasformazione economica e sociale.

Si specificano quindi alcuni problemi tipici delle due scale (a titolo di esempio: il caso degli squilibri regionali, il caso dello sviluppo economico locale, il tema della rendita e della perequazione, etc.) mettendo in evidenza le interazioni fra strategie di intervento per la risoluzione di questi problemi e il ruolo degli strumenti di pianificazione per assecondare il conseguimento di questi obiettivi. A tal fine vengono anche discussi le principali concettualizzazioni ed i principali modelli operativi derivati dall'economia dello spazio ed utilizzabile per la soluzione di problemi generali e particolari di pianificazione territoriale.

Riferimenti bibliografici:

- W. ALONSO, J. FRUEDLABB (eds), *Regioni Policy. Readings in Theory and Applications*.
 P. BAIROCH, *Cities and Economic Development*, Mansell Pbs. Ltd, London, 1988.
 R. CAMAGNI, *Principi di economia urbana e territoriale*, La Nuova Italia Scientifica, Roma, 1992.
 J. FRIEDMANN, C. WEAVER, *Territory and Function*, Arnold, Pbs. Ltd, London, 1979.
 B. HIGGINS, D.J. SAVOIE (eds.), *Regional Economic Development*, Unwin Hyman, Boston, 1988.
 P.M. HOHENBERG, L.H. LEES, *The Making of Urban Europe*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1995.
 P. KRUGMAN, *Development, Geography and Economic Theory*, The MIT Press, Cambridge, Mass., 1995.
 H.W. RICHARDSON, *Regional Economics*, University of Illinois Press, Urbana, 1979.
 P. SECONDINI et al. (a cura di), *Modelli di analisi e di intervento per un nuovo regionalismo*, Angeli, Milano, 1994.

ESTIMO (vedi 42)

FISICA GENERALE I

Docente: **Ignazio G. Massa** prof. ord.

Finalità dell'Insegnamento:

- fare capire secondo quale logica la Fisica utilizza ed interpreta i fatti sperimentali, ricavandone schemi e leggi;
- fare acquisire una buona padronanza nell'uso di alcuni concetti fisici fondamentali;
- dare un quadro unitario dei Principi della meccanica classica e della termodinamica.

Programma sintetico

1. Introduzione e calcolo vettoriale

Leggi fisiche. Grandezze fisiche e loro misure: unità e dimensioni. Misurazioni e strumenti. Errori casuali e sistematici. Vettori liberi e applicati: loro proprietà e rappresentazioni. Operazioni con i vettori. Momenti polare e assiale. Sistemi di vettori applicati. Derivazione ed integrazione di vettori. Gradiente e rotore.

2. Meccanica

Sistemi di riferimento. Punto materiale. Equazioni del moto. Spostamento, velocità e accelerazione. Velocità e accelerazione angolari. Studio di alcuni semplici moti. Cinematica dei sistemi rigidi. Moto relativo. Concetto di forza. Il I° Principio e i sistemi di riferimento inerziali. Il II° Principio: massa inerziale e massa gravitazionale. Reazioni vincolari. Quantità di moto e momento della quantità di moto. Impulso e momento dell'impulso. Studio di alcuni semplici problemi di dinamica del punto materiale. Forze inerziali: moti relativi alla Terra. Cenni sulle interazioni fondamentali e sulla relatività ristretta. Lavoro ed energia. Energia potenziale e campi conservativi. Energia cinetica. Conservazione dell'energia meccanica. Forze non conservative. Il III° Principio. Urti e forze impulsive. Equazioni cardinali. Centro di massa e sue proprietà. Momenti di inerzia e loro calcolo. Dinamica dei sistemi rigidi.

3. Termodinamica

Coordinate macroscopiche. Equilibrio termodinamico. Concetto di temperatura e termometri. Equazioni di stato. Lavoro termodinamico. Trasformazioni quasi statiche e reversibili; condizioni per la reversibilità. Gas reali ed ideali. Energia interna. Il I Principio. Concetto di calore. Capacità termica. Conversione di energia meccanica in energia interna e viceversa. Macchine termiche e frigorifere. Il II Principio. Ciclo e teorema di Carnot. Concetto di entropia. Entropia, reversibilità e irreversibilità. Energia degradata. Energie libere. Elementi per una interpretazione microscopica.

Testi consigliati

- S. FOCARDI, I. MASSA, A. UGUZZONI, *Fisica generale, meccanica e termodinamica*, Casa editrice Ambrosiana.
 M. BRUNO, M. D'AGOSTINO, M.L. FIANDRI, *Esercizi di Fisica I*, Editrice Cooperativa Libreria Universitaria.

Esercitazioni: costituiscono parte integrante dell'Insegnamento.

Esame: una prova scritta e una prova orale.

Propedeuticità consigliate: Analisi matematica I, Geometria e Algebra.

FISICA TECNICA

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

Bilancio di energia per Sistemi aperti; bilancio di entalpia. 2° Principio, trasformazioni invertibili, disequaglianza 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, cogenerazione.

Meccanica dei fluidi

Legge dell'idrostatica; 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 sovrapposibilità 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 isoterme; 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 del numero di Froude in assenza di peli liberi. Turbolenza, velocità e pressione mediate nel tempo; cenno alle tensioni di Reynolds; significato fisico del 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 del 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: nu-

meri di Reynolds, Prandtl, 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-Boltzmann, Planck; 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; dati sperimentali per il coefficiente di convezione forzata all'esterno del pacco tubiero; ricavo della relazione per determinare la superficie dello scambiatore.

Impianti termotecnici

Diagramma Psicrometrico: umidità relativa ed assoluta, entalpia, temperatura di saturazione; 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 del 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.

FONDAMENTI DI INFORMATICA (vedi 42)

GEOMETRIA E ALGEBRA

Docente: **Giuliano Parigi** prof. ass.

GEOTECNICA (vedi 42)

IDRAULICA

Docenti: **Gianni Luigi Bragadin** prof. ord.

Unità di misura, omogeneità, teorema pi-greco. Densità e velocità. Schemi di materiale continuo. Equazioni cardinali del moto e di continuità.

Equazioni globali e puntuali della statica. Legge di Stevin e legge di Archimede. Misure di pressione nei fluidi, azione dei liquidi sopra superfici in quiete, corpi galleggianti.

Tensore degli sforzi e tensore delle velocità di deformazione. Equazioni costitutive. Fluidi newtoniani e non newtoniani.

L'accelerazione. Teorema della quantità di moto. Equazioni di Euler. Teoremi di Bernoulli.

Equazioni di Navier ed equazioni 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.

Trasformazioni di energia nei corsi a pelo libero; correnti lente e correnti veloci. Risalto idraulico. Altre dissipazioni concentrate. Stramazzi e paratoie. Moto uniforme e moto permanente nei corsi a pelo libero. Canale Venturi. Cenni di idraulica fluviale.

Moti di filtrazione.

Moto vario nelle condotte: oscillazioni di massa e colpo d'ariete. Metodo delle caratteristiche. Propagazioni ondose nei canali ed onde di piena. Onde di mare. Moto vario di filtrazione.

Modelli fisici e modelli analogici. Schemi numerici.

Misure di portata, velocità ed altezze d'acqua.

IMPIANTI TECNICI (vedi 42)

INGEGNERIA DEL TERRITORIO

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 tratta di un tecnico con una formazione di base prevalentemente strutturalistica 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 con 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 (ingegnere-architetto) 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 del territorio interessati dal progetto; interferenze con altri progetti).

Programma

Base di legislazione urbanistica: quadro sintetico del contesto legislativo in cui il professionista si muove; richiami, collegamenti, 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.

L'Insegnamento 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.

MECCANICA RAZIONALE (vedi 42)

ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE (vedi 42)

PIANIFICAZIONE E GESTIONE DELLE AREE METROPOLITANE

Docente: **Guido Moretti** ric.

L'Insegnamento si prefigge di rendere espliciti nei loro presupposti e nella prassi operativa i processi di pianificazione e di governo del territorio alla scala dell'area metropolitana e, più in generale, nell'area vasta (provinciale/regionale) con riferimento al sistema di pianificazione operante in Italia nel quadro legislativo ed istituzionale vigente. Viene trattato il formarsi del concetto di a livello internazionale e nazionale come categoria interpre-

tativa del processo di trasformazione dello spazio urbano ed il suo recepimento nella legislazione nazionale. Si precisano i meccanismi del suo funzionamento e le sue competenze nel campo della pianificazione e governo del territorio.

Vengono quindi discussi i problemi connessi alla legittimazione del processo di pianificazione, gli obiettivi della pianificazione, i suoi contenuti, i metodi e le tecniche di formazione degli strumenti di pianificazione. Il confronto con l'evoluzione del dibattito scientifico a livello internazionale e l'appartenenza dell'Italia all'Unione Europea comportano l'effettuazione di analisi comparate con politiche, sistemi e pratiche di pianificazione esistenti alle stesse scale negli altri paesi dell'UE.

La trattazione di questi argomenti viene affrontata con riferimento all'evolversi della riflessione scientifica sulla pianificazione urbanistica e territoriale – in relazione anche all'emergere della *questione ambientale* – e con l'identificazione di contributi esemplari nel campo della pratica della pianificazione.

Si illustrano le diverse linee di approccio alla pianificazione: alla pianificazione fisica, alla pianificazione strutturale fino alla pianificazione strategica nelle sue diverse forme. Si discutono analiticamente alla scala metropolitana e a quella dell'*area vasta* (provinciale e regionale) gli strumenti di pianificazione complessivi (territoriali/ambientali) e degli strumenti di pianificazione di settore (mobilità, smaltimento rifiuti, protezione civile, etc.). Vengono infine trattati i temi relativi alla integrazione degli strumenti di piano sia per quanto riguarda le loro relazioni orizzontali (alla scala dell'area metropolitana) e verticali (alla scala regionale e comunale) che per quanto attiene l'integrazione di strumenti complessivi di settore.

Riferimenti bibliografici:

- A.A. ALTSHULER, *The City Planning Process*, Cornell University Press, Ithaca, NJ, 1965.
 G. CAMPOS VENUTI, *La terza generazione dell'urbanistica*, Angeli, Milano, 1990.
 J. FRIEDMANN, *Planning in the Public Domain. From Knowledge to Action*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1987.
 P. HALL, *Urban and Regional Planning*, Routledge, London, 1992.
 INU (a cura di), *L'urbanistica delle aree metropolitane*, Alinea ed., Firenze, 1992.
 IRER (a cura di), *Il sistema metropolitano italiano*, Angeli, Milano, 1987.
 L. MAZZA (a cura di), *Le città del mondo ed il futuro della metropoli*, Electa, Milano, 1988.

PROGETTI PER LA RISTRUTTURAZIONE E IL RISANAMENTO EDILIZIO
 (vedi 42)

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (vedi 42)

STORIA DELL'ARCHITETTURA I

Docente: **Giuliano Gresleri** prof. ass.

Programma

Le lezioni, le comunicazioni seminariali (dei collaboratori all'Insegnamento e di Docenti esterni), le esercitazioni e le visite sul campo, sono relazionate all'espletamento del seguente programma:

1. Introduzione all'Insegnamento: antichità, contemporaneità, tradizione.
2. Storia dell'Architettura e dell'Arte come storia di forme "significative".
3. La rappresentazione dell'Architettura: tecniche e modi di rappresentare, il disegno, la fotografia, la "contemplazione" mnemonica, il rilievo, ecc. (Questa parte del programma è svolta in stretta correlazione all'Insegnamento di Disegno I).
4. Concetti di struttura, percorso, spazio e luogo urbano nella Culture mediterranee e medio-orientali; in Egitto, in Grecia, nel mondo Romano. I tipi edilizi della città romana, la sua organizzazione territoriale. La "permanenza" dei modelli romani nel mondo rinascimentale e moderno.
5. L'Architettura e la trasformazione delle città in epoca altomedioevale e romanica.
6. L'Architettura Gotica e i suoi processi costruttivi: le nuove tecnologie e la riorganizzazione della città europea tra il XII° e XIII° secolo.
7. La "rivoluzione visiva" del Rinascimento e la trasformazione della città in Italia; significato, senso e conseguenze degli studi sulla città ideale nel XIV° secolo: Brunelleschi, Leon Battista Alberti, Filarete, Bramante, Michelangelo, Giuliano da San Gallo, Leonardo, Raffaello.
8. Norma e arbitrio: Michelangelo architetto, Palladio, Giulio Romano, Vasari, Vignola, Serlio.
9. Dall'edificio alla città, al paesaggio: Borromini, Mansart, Le Vau, Le Notre, Guarini, Balthasar, Neumann.
10. L'Architettura dell'Illuminismo in Francia, in Inghilterra, in Germania: la riorganizzazione delle città tedesche all'inizio del XIX° secolo: l'opera di Friedrich Schinkel e Leo von Klenze; Monaco e Berlino tra il 1880 e il 1910.

Bibliografia essenziale

- CHRISTIAN NORBERG-SHULTZ, *Il significato dell'architettura occidentale*, Electa, Milano, 1994 (varie edizioni a partire dal 1973).
- SIGFRIED GIEDION, *Spazio, tempo e Architettura*, 1965 e successive (almeno i primi due capitoli), Heopli, Milano.
- DAVID WATKIN, *Storia dell'Architettura occidentale*, Zanichelli, Bologna, 1990.

Bibliografia di supporto

Con particolare riferimento alle esercitazioni ed alle relative ricerche saranno fornite di volta in volta indicazioni bibliografiche sugli argomenti di indagine. Per la restituzione grafica degli elaborati e per un approccio ai problemi della "percezione visivi" e alla sua "restituzione" è ritenuta indispensabile una approfondita conoscenza di almeno uno dei testi di seguito elencati:

- GIULIANO GRESLERI, *Pleine Lumière*, Sapiens, Milano, 1993.
- LEONARDO BENEVOLO, *Corso di Disegno*, voll. 2/3/4 (L'Arte e la città antica/L'Arte e la città medioevale/L'Arte e la città moderna), Laterza, Bari, 1975.
- NIKOLAUS PEVSNER, *Storia dell'Architettura europea*, Laterza, Bari, 1956 e Il Saggiatore, Milano, 1967 e succ.ve.
- SIR BANISTER FLETCHER, *A History of Architecture*, The Athlone Press, Londra (venti edizioni dal 1940 compresa quella italiana dell'editore Martello).
- M. MERLEAU-PONTY, *L'occhio e lo spirito*, SE, 1989.
- R. VITTKOVER, *Principi architettonici dell'Umanesimo*, Einaudi, 1962 e segg.
- MARIO CARPO, *La maschera e il modello*, Jaca Book Editore, 1993.
- Storia dell'Architettura Electa* in 18 voll, varie edizioni a partire dal 1972. Ogni volume è trattato autonomamente da specialisti del periodo.

STORIA DELL'ARCHITETTURA II

Docente: **Giuliano Gresleri** prof. ass.

Programma

Le lezioni, le comunicazioni seminariali, le esercitazioni e le visite sul campo, sono connesse all'espletamento del seguente programma :

1. Introduzione all'Insegnamento: contemporaneità, modernità, tradizione, la costruzione della "Bologna Moderna".
2. Europa e America all'inizio del secolo, "realtà" e "utopia".
3. La cultura ufficiale: tradizione ed Ecole des Beaux Arts. Arte di stato ed Avanguardia.
4. L'espansionismo economico e l'Architettura del colonialismo: la verifica dei modelli europei in contesti "altri".
5. 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.
6. L'Architettura in Italia durante il fascismo: le mostre, il rinnovo della città, l'attività degli IACP.
7. Le città italiane negli anni '30: Milano, Torino, Roma, Napoli, Genova, Trieste, Bologna, Firenze.
8. Le "città di fondazione": nell'Agro Pontino, nell'Impero, nel Delta Padano, in Sicilia, in Sardegna.
9. "Razionalismo" e "Futurismo" in Italia: Sartoris, Fillia, Marchi, Chiattonne, Figini, Pollini, Sant'Elia, Libera, Terragni, ecc.
10. Le Corbusier e l'Italia.
11. L'età delle OO.PP.: Del Debbio, Piacentini, Pagano, Mazzoni, Moretti, Vaccaro, Muzio, Michelucci, Frette, ecc.
12. I protagonisti del "Novecento" a Bologna e in Emilia Romagna.
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.

Bibliografia essenziale

- GRESLERI GIULIANO, BERNABEI G. CARLO, ZAGNONI STEFANO, *Bologna moderna*, Patron, Bologna, 1984.
- GIEDION SIGFRIED, *Spazio, tempo, Architettura*, Hoepli, Milano, 1941 e segg.
- BENEVELO LEONARDO, *Storia dell'Architettura moderna*, Laterza, Bari, 1960 e segg.
- TAFURI MANFREDO, DAL CO FRANCESCO, *Storia dell'Architettura contemporanea*, Electa, Milano, 1976 e segg.
- GRESLERI GIULIANO, MASSARETTI PIER GIORGIO, ZAGNONI STEFANO, *Architettura italiana d'oltremare*, Marsilio, Venezia, 1993.
- GRESLERI GIULIANO, *Pleine Lumière*, Sapiens, Milano, 1993.

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, *Gli architetti italiani del '900*, Laterza, Bari, 1983.
- 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, CESARI CARLO, *Residenza operaia e città neoconservatrice*, Officina, Roma, 1973.
- GRESLERI GIULIANO (a cura di), "Rassegna" n° 51/1992 ("Architettura nelle Colonie italiane in Africa").
- GRESLERI GIULIANO, *Le Cobusier/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 Nuveau*, Electa, Milano, 1978 e segg.
- GABETTI ROBERTO, MARCONI PAOLO, *L'insegnamento dell'Architettura nel sistema didattico franco-italiano*, in "Controspazio", n° 9, settembre 1981.
- PIRAZZOLI NULLO, *Arnaldo Foschini/didattica e gestione dell'architettura italiana nella seconda metà del '900*, Faenza editrice, Faenza, 1978.
- PATETTA LUCIANO, VERCELLONI VIRGILIO, *Futurismo*, in "Controspazio", n° 4/5, maggio 1971.
- TALAMONA MARIDA, *Casa Malaparte*, Clueb, Milano, 1990.
- CASSARÀ SILVIO, *La condizione del post modern*, in "Parametro", n° 72, 1978.
- MASSARETTI PIER GIORGIO, *Tresigallo Città nuova del fascismo*, in "Parametro", n° 128, 1984.

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.

TECNICA DELLE COSTRUZIONI

Docente: **Pier Paolo Diotallevi** prof. straordinario.

Finalità dell'Insegnamento: mettere gli allievi in grado di redigere il progetto delle più ricorrenti strutture.

L'Insegnamento, riguardante la teoria e la tecnica delle strutture, si articola nelle parti: Fondamenti del progetto delle strutture - Sistemi di travi - Strutture di fondazione - La precompressione delle strutture - Lastre piane - Lastre curve dirivoluzione. 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 precomprese. 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. GIANGRECO, *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.

P. 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 URBANISTICA I (Orientamenti A B C)

Docente: **Guido Ronzani** prof. ass.

Le lezioni

Le lezioni sono strutturate in quattro gruppi e trattano delle seguenti tematiche:

Gli strumenti per il governo del territorio - vengono introdotti gli elementi fondativi e formativi che hanno configurato 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 suoli 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 dell'attenzione ai "centri storici" viene esaminata come acquisizione dei concetti di "salvaguardia" e "recupero" funzionale e formale delle testimonianze storico-artistiche 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.

Il laboratorio

Le esercitazioni, nell'ambito dei Laboratori con frequenza obbligatoria, si svolgono per gruppi ed hanno lo scopo di abituare gli studenti all'applicazione delle tecniche più elementari di analisi - interpretazione e pianificazione della città e del territorio. Oggetto delle esercitazioni è: ANALISI CRITICA DEL PIANO REGOLATORE GENERALE DI ALCUNI COMUNI DELL'EMILIA-ROMAGNA.

Bibliografia di riferimento

- ABRAMI G., *Progettazione ambientale: una introduzione*, CLUP, Milano, 1987.
- *BETTINI V., *Elementi di analisi ambientale per urbanisti*, CLUP-CLUED, 1986.
- CARDIA C., *Problemi e strategie della pianificazione territoriale in Europa: Francia e Inghilterra a confronto*, F. Angeli, 2ª ed., 1995.
- COLOMBO G., PAGANO F., ROSSETTI M., *Manuale di urbanistica*, Pirola, Milano, 1996.
- *ERBA V., *Il piano urbanistico comunale*, Ed. delle Autonomie, Roma, 1993.
- *GRACILI R., *Repertorio di Urbanistica, Ambiente e Territorio*, Maggioli, Rimini, 1990.
- *MONTI C., *Elementi di urbanistica* (Nuova ed.), Ed. CLUEB, Bologna, 1994.
- MORBELLI G., *Un'introduzione all'urbanistica* (Capp. 1-2-7), F. Angeli, 1986.
- *RONZANI G., *L'insediamento urbano - i costi e gli oneri*, Maggioli, Rimini, 1984.
- *RONZANI G., *Valutazione ambientale e piani urbanistici*, CLUEB, Bologna, 1992.
- * testi considerati fondamentali per il corso.

TECNICA URBANISTICA I (Orientamenti D E F)

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. Programmi economici, piani territoriali, piani e progetti urbanistici. Livelli di governo del territorio: competenze e strumenti.

2. Trasformazioni territoriali ed evoluzione degli strumenti di governo del territorio

L'evoluzione delle leggi urbanistiche in Italia dell'800 ad oggi: analisi storico-critica e quadro della normativa vigente. Le competenze delle Regioni e la legislazione regionale in materia di territorio, ambiente, edilizia, con particolare riferimento alla Regione Emilia-Romagna. I nuovi 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. Il rapporto piano-progetto. Le forme di concertazione fra iniziativa pubblica e privata, gli strumenti attuativi: Piani Particolareggiati, PEEP, Piani di Recupero, piani di settore, etc. Le nuove tendenze della pianificazione locale: confronto fra recenti esperienze italiane ed europee.

4. Le esperienze di pianificazione a scala sovracomunale e regionale

Rapporto fra sviluppo economico, tutela ambientale, organizzazione funzionale del territorio.

Le esperienze di pianificazione regionale in Italia e in Europa: gli obiettivi e gli strumenti di piano. I Piani Regionali più recenti: rapporti fra Piano Territoriale, Piano Paesistico, Piani di settore.

La pianificazione a scala provinciale. L'istituzione delle Autorità Metropolitane: problemi e prospettive. Metodologie di piano e sistemi informativi territoriali.

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 del costruito. 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, etc.). Cartografie tematiche e sistemi informativi per la pianificazione.

Esercitazioni ed esami

Le esercitazioni applicative, di tipo progettuale, sono indispensabili per la formazione dello studente ed obbligatorie per il superamento dell'esame, che verterà inoltre sulla conoscenza degli argomenti dell'insegnamento.

Le esercitazioni consisteranno nell'elaborazione di un progetto urbanistico di recupero in zone dell'area metropolitana di Bologna e di altre province della Regione; il progetto riguarderà aree in tutto o in parte già costruite, da recuperare/o trasformare, in zone storiche o di edilizia più recente. In tali aree si studierà l'inserimento di attività integrate (residenza, servizi, commercio, uffici, verde, etc.), con realizzazione mista, da parte dei Comuni o altri enti pubblici, e da parte dei privati.

A integrazione dell'esperienza progettuale così compiuta, nel corso dell'anno potranno essere svolte prove grafiche in aula, aventi come tema l'elaborazione di progetti elementari, analoghi a quelli studiati.

Bibliografia essenziale dell'insegnamento

Testo base:

MONTI C., *Elementi di Urbanistica*, CLUEB, Bologna, 1994.

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*, 5ª 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.

MORBELLI G., *Un'introduzione all'urbanistica*, Ed. Angeli, Milano, 1986 (Capp. 1, 2, 7).

RIGUZZI G., *Analisi e pianificazione dei tessuti urbani. Il caso di Bologna*, Ed. CLUEB, 1993.

RONZANI G., *L'insediamento urbano, i costi e gli oneri*, ed. Maggioli, Rimini, 1984.

SECONDINI P. (a cura di), *La conoscenza del territorio e l'ambiente. Il suolo delle tecnologie dell'informazione*, Ed. Dati & Fatti, 1989.

TECNICA URBANISTICA II

Docente: **Giovanni Crocioni** prof. ass.

L'ambito disciplinare nel quale l'insegnamento si colloca, risulta definito dalle relazioni fra programmazione economica e pianificazione territoriale. L'analisi di tali relazioni connette i diversi livelli decisionali e gestionali della programmazione economica con le aree territoriali organizzate attraverso gli interventi pianificatori e qualificate sulla base delle esigenze funzionali e abitative degli insediamenti.

In tale ambito culturale, l'insegnamento si propone di analizzare il ruolo e il contributo delle tecniche dell'urbanistica utili a stabilire un rapporto tra problemi dell'organizzazione programmatoria dello sviluppo e problemi di realizzazione dello spazio insediativo, in una prospettiva di mutua interazione.

I Fase

Valutazione dei problemi dello sviluppo economico e metodi della pianificazione rilevabili attraverso l'analisi delle strutture ambientali e l'organizzazione dello spazio abitato.

1. Elementi di analisi territoriale e richiamo dei contributi fondamentali alla formulazione di una teoria dello sviluppo e della formazione dei fenomeni territoriali, in dipendenza da una utilizzazione del suolo basata sull'esigenza di un corretto uso delle risorse.

2. Definizione del problema del controllo economico del piano urbanistico e territoriale, attraverso la trattazione dei criteri delle economie di dimensione e di localizzazione.

II Fase

Introduzione degli elementi fondamentali della scienza regionale in rapporto alle realtà economiche e istituzionali.

1. Valutazioni di metodo sul rapporto fra programmazione economica e pianificazione territoriale.

2. Criteri di confronto tra assetti territoriali alternativi; elementi per l'individuazione e il trattamento delle variabili economiche tecnologicamente controllabili; valutazione dei costi della crescita urbana.

3. Strumenti analitici per la formazione delle decisioni.

III Fase

La programmazione nella esperienza degli anni '60 e '70: programmazione indicativa, prescrittiva, econometrica.

1. L'esperienza italiana di programmazione nazionale: dallo schema Vanoni al programma economico nazionale 1973-77.

2. L'esperienza dei Comitati Regionali di Programmazione Economica.

3. L'esperienza delle regioni italiane nella legislatura 1970-75 nei settori della programmazione economica e della pianificazione territoriale.

4. I criteri procedurali e normativi della programmazione dello sviluppo e dell'assetto del territorio.

TECNICHE DI ANALISI URBANA E TERRITORIALE

Docente: **Piero Secondini** prof. ass.

L'insegnamento affronta il tema generale della, intesa come lettura ed interpretazione delle forme della distribuzione dei fenomeni naturali ed umani sulla superficie della terra, delle loro relazioni e della pressione che generano sulle risorse naturali ed ambientali. Affronta altresì le modalità attraverso le quali finalizzare i risultati di questa ricerca al processo di pianificazione territoriale. Esso approfondisce, pertanto, le strumentazioni (culturali, metodologiche ed operative) secondo cui si costruisce questo processo di comprensione che supporta l'ideazione e la configurazione di strumenti di pianificazione (complessivi e di settore) alle varie scale.

Le principali aree tematiche dell'insegnamento riguardano:

- il significato della conoscenza.
- conoscenza e rappresentazione intesa, quest'ultima, come «intenzione» e come «tecnica»,
- l'analisi territoriale, urbana ed ambientale come supporto all'intervento di piano.

A partire da questi concetti si discutono metodi e tecniche per la rappresentazione socio-economica e geografica del territorio per l'attivazione di un iter descrittivo e conoscitivo. Si trattano quindi le questioni relative alla selezione ed analisi di dati con richiamo alle tecniche dell'analisi statistica. L'approfondimento si estende alle potenzialità dei sistemi informativi geografici con riferimento al loro utilizzo nell'accertamento, orientamento e monitoraggio delle trasformazioni urbane e territoriali anche attraverso esempi di applicazioni. Vengono quindi illustrate alcune fondamentali categorie interpretative del processo di trasformazione del territorio con attenzione ai rapporti fra le scelte localizzative, la mobilità (di persone, di beni e di informazione) e le risorse dell'ambiente (fisico ed antropico). A tal fine si discutono le possibilità di applicazione di alcune famiglie di modelli (ad esempio quelli di interazione spaziale alla pianificazione e gestione della mobilità a livello urbano e di area vasta) per la soluzione di specifici problemi di assetto territoriale ed urbano.

Per quanto attiene la si trattano infine le tecniche utili alla caratterizzazione dell'ambiente e delle sue componenti, al fine di individuare i requisiti per la realizzazione di interventi sul territorio alle varie scale ed i diversi ambiti di intervento, unitamente alla definizione di metodi per la valutazione di impatto ambientale.

Riferimenti bibliografici:

- V. ARDITO, *Appunti di analisi statistica*, Bologna, DAPT, 1997, mimeo.
- M.F. GOODCHILD, K.K. KEMP, *Application Issues on GIS*, NCGIA Core Curriculum, University of California, Santa Barbara, 1992.
- W. ISARD, *Methods of Regional Analysis*, Mit Press, Cambridge MA, 1973.
- M. MANHEIM, *Fundamentals of Transportation Systems*, The MIT Press, Cambridge MA, 1979.
- P. SECONDINI, *Sistemi informativi geografici e pianificazione territoriali: note introduttive*, CLUEB, Bologna, 1992.

TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA

Docente: **Franco Sandrolini** prof. ord.

Finalità del corso per allievi ingegneri chimici ed edili.

Il corso si propone di fornire agli ingegneri chimici ed edili uno strumento razionale ed unitario per le tecnologie e l'impiego corretto dei materiali nelle costruzioni, nel restauro degli edifici esistenti, etc., 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 funzione dei materiali per l'edilizia: materiali strutturali e materiali funzionali. Cenni sullo sviluppo storico e tecnologico dei materiali da costruzione.

Richiami sulle proprietà fisico-meccaniche dei materiali (processi di deformazione elastica, anelastica e plastica, processi di frattura) e sulle proprietà termiche ed elettriche. Metodi di prova e normative prestazionali.

Materiali metallici. Ghise ed acciai. Acciai da costruzione e speciali. Trattamenti termici. Saldabilità. Leghe non ferrose per l'edilizia. Impieghi e normativa.

I leganti per l'edilizia ed il restauro: gesso, calci, cementi. Malte ordinarie e speciali. Calcestruzzi e conglomerati cementizi normali e speciali. Tecnologia, proprietà e criteri di posa in opera dei calcestruzzi preconfezionati. Additivi ed aggregati per calcestruzzi. Calcestruzzo a resistenza, resistenza caratteristica, tecnologia e controllo di qualità. Normativa sui cementi, sugli aggregati, sui calcestruzzi. Capitolati di fornitura.

Materiali ceramici e vetri per l'edilizia. Caratteristiche, prestazioni e normativa.

Materie plastiche, resine e materiali compositi impiegati nell'edilizia e nel restauro (impermeabilizzanti, isolanti termici ed acustici, sigillanti, adesivi, etc.). Vernici e pitture. Caratteristiche e normativa. Cenni al legno ed ai materiali derivati impiegati in edilizia.

Acque, suolo ed ambiente: degrado e corrosione dei materiali da costruzione in servizio. Protezione, restauro e compatibilità (fisica e chimica) tra i materiali. Classi di esposizione ambientale materiali da costruzione e progettazione. Normativa e legislazione.

Sicurezza nell'impiego dei materiali. Resistenza al fuoco. Demolizione e riciclo. Criteri di scelta dei materiali per l'edilizia.

Esercitazioni e laboratorio: applicazioni numeriche in aula; prove sui materiali in laboratorio (coordinate anche con altri insegnamenti per gruppi a numero limitato di studenti); seminari coordinati con corsi del IV e V anno.

Testi consigliati:

G. RINALDI, *Materiali e Chimica applicata*, Siderea, Roma, 1985-96.

V. ALUNNO ROSSETTI, *Il Calcestruzzo. Materiali e tecnologie*, McGraw-Hill Libri Italia s.r.l., Milano, 1995.

M. ILLSTONE (ed.), *Construction materials*, E & F Spon, London, 1994.

Esame: orale. Fogli ufficiali per le liste vengono affisse all'albo del Dipartimento di Chimica applicata e Scienza dei materiali il giorno precedente l'inizio degli appelli.

Propedeuticità consigliate: Scienza delle Costruzioni, Elettrotecnica, Fisica tecnica.

Argomenti per tesi di laurea: Sugli argomenti del corso, con particolare riguardo ai settori della tecnologia, controllo di qualità e durabilità del calcestruzzo preconfezionato a resistenza; alle applicazioni dei materiali e delle tecnologie nelle costruzioni e nel restauro; ai materiali compositi da costruzione; ai processi di degrado e le implicazioni sulla progettazione, con preferenza per casi concreti e reali. Gli argomenti vengono definiti mediante un colloquio con lo studente.

TEORIE E TECNICHE DELLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

Docente: **Luisella Gelsomino** ric.

Argomento delle lezioni

1. *Principi e criteri di progettazione architettonica*
 - 1.1. Edificio e contesto
 - 1.2. 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. Fattori di qualità del progetto
 - 2.4. Le variabili della progettazione architettonica
3. *Lo studio tipologico 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
 - 4.2. Tecniche e procedimenti progettuali per la realizzazione di nuova edilizia e per il recupero delle preesistenze. Studio di casi
 - 4.3. Tecniche di organizzazione delle informazioni e dei dati per la progettazione
 - 4.4. Norme e regolamenti
5. *L'edificio come sistema*
 - 5.1. Scomposizione in parti e in sottosistemi
 - 5.2. Maglie e reticoli

- 5.3. Principi di bioarchitettura
- 5.4. Cenni sulla scelta dei materiali
- 6. *dello spazio architettonico: poetica e tecnologia*
- 6.0. Il concetto di spazio architettonico
- 6.1. La luce
- 6.2. Il colore
- 6.3. I rapporti interno-esterno. Criteri compositivi di pieni e vuoti
- 6.4. Percorrenza e percezione. Cenni sulla psicologia della forma.

Esercitazioni

1. Sintesi delle scelte urbanistiche
 Individuazione dell'area di intervento. Sintesi dei caratteri dell'intervento proposto nel progetto urbano
 Individuazione degli interventi architettonici in relazione anche ai fruitori (le utenze deboli)
2. Letture del contesto urbano finalizzate all'individuazione dei caratteri peculiari riferiti al progetto (saper osservare)
3. Scelta dell'intervento architettonico
 Studio di casi significativi
4. Impostazione della metodologia progettuale
 I reticoli - I sistemi - I rapporti edificio-ambiente esterno
5. Il progetto preliminare
 Obiettivi: relazione letteraria
 Concezione: grafici
6. Le cellule elementari
 Spazi - Aggregazioni - Arredabilità - Flessibilità
 Utenze deboli
7. Approfondimenti

Bibliografia disponibile presso il Dipartimento di Architettura e Pianificazione territoriale.

TOPOGRAFIA

Docente: **Giuseppe Lombardini** prof. ord.

La posizione generale del problema del rilievo: - Richiami analitici e definizione della superficie di riferimento - Il geoide e l'ellissoide terrestre - La geometria dell'ellissoide di rotazione - I fondamenti teorici della geodesia operativa - Determinazione delle coordinate curvilinee dei punti sulla superficie di riferimento - La rappresentazione dell'ellissoide sul piano: le rappresentazioni cartografiche - Teoria della compensazione delle misure - Elementi di statistica e di calcolo delle probabilità - La compensazione delle osservazioni dirette, indirette e condizionate - Strumenti e operazioni di misura: misura di angoli azimutali e zenitali - Misura diretta e indiretta delle distanze - Misura di distanze con onde mo-

dulate - Misure dirette e indirette delle differenze di quota: livelli - Operazioni per il rilievo topografico: triangolazioni e trilaterazioni, metodi di intersezione, poligonali, rilievo dei dettagli - Metodi operativi, di calcolo e di compensazione delle diverse fasi di rilievo topografico - Determinazione delle differenze di quota: livellazioni trigonometriche e geometriche - Le operazioni topografiche per il progetto, il tracciamento e il controllo di opere di ingegneria civile - Principi fondamentali del rilievo fotogrammetrico.

Testi consigliati:

G. FOLLONI, *Principi di Topografia*, Pàtron ed.

G. INGHILLERI, *Topografia Generale*, UTET.

Esistono dispense per la parte rilievo e strumenti di misura, non trattata nel testo del Prof. Folloni.

Esami orali, preceduti da una prova pratica strumentale obbligatoria per l'ammissione. Si svolgono *esercitazioni* pratiche e strumentali facoltative suddividendo gli studenti in gruppi di lavoro di 8-10 unità.

Tesi di laurea

Le tesi sono a prevalente indirizzo sperimentale. Attualmente i campi operativi di maggiore interesse riguardano la subsidenza ed il controllo geodetico dei movimenti recenti della crosta, e le applicazioni non cartografiche del rilievo fotogrammetrico.

(45) CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRICA**AFFIDABILITÀ E DIAGNOSTICA DEI SISTEMI ELETTRICI**Docente: **Gian Carlo Montanari** prof. ass.*Definizioni di probabilità, teoremi del calcolo delle probabilità**Variabili statistiche*

Distribuzioni di probabilità (Normale, Lognormale, Poisson, Gamma, Rayleigh, Esponenziale, Weibull)

Metodi per la stima dei parametri delle funzioni di probabilità (minimi quadrati, massima verosimiglianza)

Applicazione di funzioni di probabilità alla durata di vita di componenti e sistemi elettrici

Prove sui sistemi ed analisi statistica dei dati di prova

Tasso di guasto, MTFF, MTBF

Stima della frequenza di guasto di componenti elettronici ed elettrici secondo la normativa internazionale

Diagnostica dei sistemi elettrici

Proprietà e misure diagnostiche

*Disponibilità di sistemi riparabili, criteri statistici di riparazione**Affidabilità dei sistemi*

Strutture serie, parallelo, con componenti critici

Esempi di applicazione a sistemi elettronici (convertitori)

*Metodi per valutare l'affidabilità dei sistemi complessi**Affidabilità di sistemi elettrici in presenza di armoniche*

Concetto di qualità dell'energia

Generatori di armoniche (convertitori, forni)

Aleatorietà delle armoniche e funzioni di probabilità

Propagazione delle armoniche nelle reti elettriche

Tecniche per il miglioramento della qualità dell'energia

Sistemi attivi e passivi di compensazione

*Effetto delle armoniche sulla affidabilità di sistemi e componenti elettrici**Analisi strutturale probabilistica di sistemi di trasmissione**Testi di riferimento:*A. ZANINI, *Elementi di affidabilità*, Esculapio, Bologna, 1991.R. BILLINGTON, R.N. ALLAN, *Reliability evaluation of engineering systems*, Plenum Press, NY.G.J. ANDERS, *Probability concepts in electric power system*, J. Wiley & Sons.

ANALISI MATEMATICA I (vedi "informaz.")**ANALISI MATEMATICA II** (vedi "informaz.")**AUTOMAZIONE INDUSTRIALE**Docente: **Giuseppe Basile** prof. ord.

L'Insegnamento costituisce un complemento di Controlli automatici e di Elettronica applicata ed ha l'obiettivo di fornire una preparazione orientata verso il controllo mediante calcolatori elettronici.

1) Complementi all'insegnamento di controlli automatici: sistemi di regolazione a dati campionati, elaborazioni digitali per la correzione della dinamica, stabilità in presenza di campionamento, controllo numerico di processi industriali.

2) Circuiti analogici lineari: amplificatori operazionali, amplificatori in alternata, amplificatori a chopper per strumentazione, amplificatori differenziali per strumentazione, circuiti di campionamento e tenuta. Circuiti analogici non lineari: compratori, rettificatori di precisione, limitatori, rilevatori di picco, oscillatori sinusoidali, generatori di clock oscillatori controllati in tensione, convertitori tensione-frequenza e frequenza-tensione, moltiplicatori. Conversione analogico-digitale e digitale-analogica: sistemi ad approssimazioni successive, ad inseguimento e a doppia rampa.

3) Circuiti elettronici per l'automazione: richiami di reti logiche e cenno alle principali famiglie logiche integrate; elaborazione elettronica locale per misuratori a trasformatore differenziale, sincro e inductosyn; azionamenti elettronici di motori in c.c.; dispositivi di conteggio e visualizzazione, standard per la trasmissione dei segnali numerici ad unità di controllo locale.

4) Sistemi elettronici per l'automazione: architettura dei sistemi a microprocessore ed illustrazione dettagliata di un sistema a logica programmabile e di alcune applicazioni al controllo automatico di macchine utensili; realizzazione di un posizionatore di precisione comandato da un sistema a logica programmabile a sua volta collegato ad un elaboratore mediante sistema di trasmissione seriale o parallelo; cenno alla realizzazione di sistemi multiassi.

Testi consigliati

Verranno forniti ausili didattici da fotocopiare. La parte 2 del programma sarà coordinata con quella di analogo contenuto dell'insegnamento di Controlli automatici.

Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica I e II. Macchine elettriche, Elettronica applicata.

AZIONAMENTI ELETTRICI

Docente: **Domenico Casadei** prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento

L'Insegnamento si propone di fornire una metodologia per lo studio del comportamento delle macchine elettriche nelle varie condizioni di alimentazione previste negli azionamenti elettrici.

Per ogni tipologia di macchina vengono presentati i modelli di studio più appropriati sia per funzionamento di regime sia per funzionamento transitorio. Inoltre, per ogni tipo di azionamento vengono illustrate le più idonee metodologie di controllo per le varie applicazioni.

Programma

1. Generalità sulle macchine elettriche

Caratteristiche dei materiali elettrici e magnetici. Principi di conversione elettromeccanica. Calcolo di forze e coppie in sistemi lineari e non lineari. Leggi di similitudine geometrica. Dati di targa. Vincoli termici in relazione al ciclo di lavoro.

2. Macchine a corrente continua

Modello dinamico delle macchine a collettore. Analisi in regime lineare e non lineare. Parametri di macchina. Alimentazione mediante convertitori AC/DC e DC/DC a uno, due e quattro quadranti. Caratteristiche di funzionamento con controllo del flusso di eccitazione e della tensione di armatura.

3. Macchine sincrone

Modello di macchina in un riferimento solidale con il rotore. Induttanze della macchina sincrona isotropa ed anisotropa. Metodi per la misura dei parametri. Varie tipologie delle macchine sincrone a magneti permanenti. Alimentazione tramite convertitori statici a tensione impressa e corrente impressa. Autosincronizzazione dei motori sincroni. Caratteristiche dei motori brushless a f.e.m. trapezia ed a f.e.m sinusoidale.

Metodologie per la realizzazione del controllo vettoriale.

4. Macchine asincrone

Modelli di macchina in riferimenti stazionari o rotanti. Identificazione dei parametri. Effetti della saturazione. Variazione dei parametri di macchina con la frequenza storica e rotorica. Alimentazione tramite convertitori statici di frequenza a tensione e corrente impressa. Controllo di coppia ottenuto agendo sulla corrente storica e sulla frequenza rotorica. Tecniche per il controllo vettoriale. Metodi diretti ed indiretti per l'implementazione di algoritmi che consentono il controllo della coppia ai valori istantanei. Impiego delle componenti di corrente e di flusso storico quali variabili di controllo. Effetti dovuti alle variazioni di parametri. Adattamento dei parametri.

5. Motori passo

Motori a magneti permanenti, a riluttanza e ibridi. Modelli di studio per le varie tipologie. Caratteristiche dinamiche dei motori passo. Oscillazioni ed instabilità. Autosincronizzazione dei motori passo. Alimentazione unipolare e bipolare. Tecniche di alimentazione.

6. Motori a riluttanza variabile

Caratteristiche costruttive. Equazioni di macchina. Circuiti di alimentazione e caratteristiche di funzionamento. Alimentazione con opportuni profili di corrente.

7. Attuatori lineari

Attuatori lineari a corrente continua, e corrente alternata. Modelli di studio. Tecniche di alimentazione. Campi di applicazione. Confronti con attuatori rotanti.

Esercitazioni

L'Insegnamento 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. Nelle esercitazioni pratiche al calcolatore vengono simulati i vari azionamenti in ambiente MATLAB.

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.

Modalità d'esame

L'esame comprende una prova orale sugli argomenti svolti nelle lezioni teoriche e la discussione di una prova sperimentale.

Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica, Macchine Elettriche, Controlli Automatici.

CHIMICA (vedi "informaz.")

CHIMICA A (vedi "informaz.")

COMPONENTI E TECNOLOGIE ELETTRICHE

Docente: **Gian Carlo Montanari** prof. ass.

L'Insegnamento sviluppa ed approfondisce argomenti dell'insegnamento di Tecnologie elettriche e propone nuove tematiche, come superconduttori e problemi di cariche elettrostatiche, oltre ad occuparsi di tecnologie industriali come forni ad induzione e perdite dielettriche.

L'Insegnamento si collega anche con le discipline Tecnica delle alte tensioni e, per quel che concerne l'elettrotermia, con quella di Applicazioni industriali dell'elettrotecnica.

Programma

Tecnologia dei cavi energia - Cavi per alta tensione: a olio fluido, estrusi, a gas, a temperature criogeniche. Degradazione dell'isolante e scarica.

Impieghi industriali dei superconduttori - Superconduttività, materiali superconduttori a basse ed alte temperature. Impieghi dei superconduttori, progetto di cavi per alta tensione a superconduttore.

Condensatori di potenza - Condensatori di potenza per bassa e media tensione: condensatori a dielettrico misto e a tutto film, condensatori autorepristinanti. Problemi connessi alla utilizzazione dei condensatori di potenza in sistemi elettrici con onde di tensione e corrente deformate.

Problemi elettrostatici nell'industria - Generalità sui problemi della formazione di cariche elettrostatiche nei processi industriali. Provvedimenti per ovviare o ridurre gli inconvenienti, con riferimento alla componentistica elettronica, industria elettrica e petrolifera. Misure di cariche elettrostatiche.

Batterie elettriche - Principi di funzionamento. Pile elettriche (tecnologie, caratteristiche di scarica, vita). Accumulatori al piombo e alcalini. Caratteristiche di carica e scarica, capacità, vita. Pile a combustibile.

Elettrotermia - Forni ad induzione, a perdite dielettriche, ad arco. Caratteristiche di funzionamento ed applicazioni industriali. Problemi impiantistici legati all'utilizzazione dei forni elettrici. Generatori ad alta frequenza per forni elettrici. Compensazione della potenza reattiva e distorta negli impianti elettrici che alimentano i forni.

Testi consigliati: vengono forniti appunti preparati dal docente.

COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA INDUSTRIALE

Docente: **Ivan Montanari** prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento

L'Insegnamento si propone di fornire agli allievi le metodologie generali per affrontare le problematiche connesse alla presenza di disturbi elettromagnetici condotti e irraggiati. Si esamina la normativa in materia di compatibilità elettromagnetica (EMC) e i metodi per le misure di interferenza e suscettibilità. Vengono poi studiate le problematiche di scher-

matura e di controllo delle interferenze e si definiscono le linee guida per il progetto di apparecchiature elettriche compatibile con le norme E.M.C.

Programma

Introduzione alla compatibilità elettromagnetica (EMC): elementi base nei casi di interferenza elettromagnetica (EMI); interferenze tra sistemi, e interne ad un sistema; sorgenti di EMI; percorsi di accoppiamento di EMI; suscettibilità alle EMI. Definizioni e terminologia: campo vicino e remoto; rappresentazione dei segnali nei domini del tempo e della frequenza; fenomeni a impulso; emissioni in banda stretta e banda larga.

Messe a terra e interconnessioni: effetti della impedenza e del riferimento di terra sulla EMI; messa a terra singola, multipla e ibrida; circuiti equivalenti delle interconnessioni; metodi di interconnessione.

Schermatura: teoria della schermatura: materiali schermanti; integrità delle configurazioni di schermatura: accessi, aperture di ventilazione e ispezione, inserti, passaggi di cavi, giunzioni.

Generalità sulle tecniche di filtraggio: trasformatori di isolamento; filtri attivi e passivi. La normativa europea su EMC e EMI.

Norme di prodotto.

Procedure di misura: metodologie fissate dalle normative per: emissioni condotte, suscettibilità ai disturbi condotti, emissioni irradiate, suscettibilità ai disturbi irradiati; piani di controllo e verifica; certificazioni.

Criteri di progetto dei sistemi: modalità di accoppiamento dei disturbi, apparecchiature suscettibili; armoniche e loro effetti; tecniche di attenuazione.

Propedeuticità consigliata: Principi di ingegneria elettrica, Controlli automatici.

CONTROLLI AUTOMATICI

Docente: **Giovanni Marro** prof. ord.

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

Lezioni:

– Concetti fondamentali: sistemi e modelli matematici, schemi a blocchi, controlli ad azione diretta e in retroazione, modelli matematici di alcuni sistemi dinamici.

– Metodi di analisi dei sistemi dinamici lineari: equazioni differenziali e trasformazione di Laplace, antitrasformazione delle funzioni razionali, risposta all' impulso e integrali di convoluzione, sistemi elementari del primo e del secondo ordine.

– Analisi armonica: la funzione di risposta armonica, deduzione della risposta armonica dalla risposta all'impulso e viceversa, diagrammi di Bode, la formula di Bode, diagrammi polari, diagrammi di Nichols.

– Stabilità e sistemi in retroazione: definizioni e teoremi relativi alla stabilità, il criterio di Routh, proprietà generali dei sistemi in retroazione, errori a regime e tipo di sistema, il criterio di Nyquist, margini di ampiezza e fase, stabilità dei sistemi con ritardi finiti, luoghi a M costante e a N costante, pulsazione di risonanza, picco di risonanza e banda passante.

– Il metodo del luogo delle radici: definizione del luogo delle radici, proprietà del luogo delle radici, esempi di luoghi delle radici.

– Progetto delle reti correttrici: dati di specifica e loro compatibilità, le principali reti correttrici a resistenze e capacità, la compensazione mediante reti ritardatrici, anticipatrici, a ritardo e anticipo e a T , la retroazione tachimetrica, il progetto analitico dei regolatori, i regolatori standard.

– Sistemi in retroazione non lineari: stati di equilibrio e stabilità, il metodo della funzione descrittiva, i criteri del cerchio e di Popov, metodo grafico per l'analisi dei sistemi a relè.

Esercitazioni:

- Notizie sui componenti dei sistemi di controllo.
- Svolgimento di esercizi e progetti relativi ai sistemi di controllo in retroazione.

Testi consigliati:

- 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.

Modalità di esame:

prova scritta e prova orale: per l'ammissione all'orale occorre la sufficienza nello scritto.

Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica, Elettronica applicata.

CONVERSIONE STATICA DELL'ENERGIA

Docente: **Giovanni Serra** prof. ass.

Scopi

L'insegnamento ha lo scopo di fornire agli studenti gli strumenti per lo studio dei convertitori statici di potenza per applicazioni industriali, sulle reti e domestiche. L'insegnamento è organizzato, per rendere gli studenti partecipi anche degli aspetti più applicativi, utilizzando diapositive per mostrare componenti e sistemi, programmi di simulazione per

verifiche numeriche su casi reali ed esercitazioni di laboratorio per mostrare il reale comportamento dei convertitori.

Contenuti

1. Sezione I - 8 lezioni

Presentazione dell'insegnamento. Generalità sull'energia elettrica e le sue conversioni
 Il programma PSpice per lo studio dei convertitori di potenza
 Principi delle conversioni sull'energia elettrica
 Dispositivi di potenza a semiconduttore (diodi, SCR, TRIAC, ASCR, GTO)

2. Sezione II - 12 lezioni

Raddrizzatore monofase (diodi, SCR)
 Raddrizzatore a doppi semionda (diodi, SCR)
 Raddrizzatore a ponte (diodi, SCR)
 Generazione degli impulsi di innesco
 Commutazione reale nei raddrizzatori
 Quadranti di funzionamento dei convertitori e raddrizzatori bidirezionali

3. Sezione III - 10 lezioni

Dispositivi di potenza a semiconduttore (BJT, IGBT, MOSFET)
 Convertitore Boost
 Convertitore Buck
 Convertitore Buck-Boost
 Tecniche di controllo

4. Sezione IV - 10 lezioni

Inverter monofase
 Inverter trifase
 Tecniche di modulazione: onda quadra e PWM

Testi:

- N. MOHAN, T. UNDELAND, W. ROBBINS, *Power Electronics - Converters, Applications and Design*, John Wiley & Sons, Inc., 1995.
 E. BRUMGNACH, *PSpice per Windows*, Tecniche Nuove, 1996.
 N. MOHAN, *Power Electronics: Computer Simulation, Analysis and Education using PSpice*, Minnesota Power Electronics Research & Education, 1992.
 M.H. RASHID, *SPICE for Power Electronics and Electric Power*, Prentice Hall, Englewood, New Jersey, 1993.

Materiale di supporto

Gli argomenti proposti sono i seguenti:

- Principi fondamentali di teoria dei segnali: Trasformata di Fourier; Trasformata di Fourier tempo-discreta; Serie di Fourier; Trasformata discreta di Fourier.
- Dispositivi principali di un sistema di acquisizione dati: Amplificatori; Convertitori Analogici-Digitali e Digitali-Analogici; Circuito Sample/Hold.
- Strumenti di base di tipo numerico: Multimetro Digitale; Contatore Universale;

Wattmetro a campionamento; Oscillografo a campionamento; Analizzatore di spettro digitale.

d) Software e commerciale per la gestione di un banco automatico di misura.

ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA

Docente: **Nino Luciani** prof. ass.

I - Definizioni, problemi, quadro istituzionale di riferimento. 1. Oggetto della scienza economica, beni economici, legge dell'utilità marginale, principio economico, valore dei beni economici, valore monetario e valore reale, indici dei prezzi, confronti dei valori nel tempo, tasso d'interesse nominale e reale. 2. Principali problemi economici dei Paesi moderni: allocazione delle risorse, scelte delle tecniche, efficienza della produzione e della distribuzione dei redditi all'interno dei singoli Paesi e tra Paesi ricchi e poveri, disoccupazione, inflazione, sviluppo dei sistemi economici. 3. Processi economici reali: consumo e produzione, tipi di processi di produzione, capitalizzazione tecnica, cicli di produzione, orizzonte temporale. 4. I grandi sistemi economici: sistema capitalista di mercato, sistema collettivista, sistemi misti. Il caso dell'Italia.

II - Economia di mercato. 1. Leggi di domanda e offerta, condizioni di equilibrio generale, elasticità della domanda, mercati concorrenziali, mercati monopolistici. 2. Organizzazione dell'impresa: imprese private (individuali, società di persone, società di capitali), imprese pubbliche (enti economici, partecipazioni statali), Pubblica Amministrazione. 3. Fattori della produzione, valore aggiunto, prodotto netto, deperimento, redditi dei fattori, PIL. 4. Finanziamento dell'impresa: risparmio, mercato monetario, mercato finanziario; forme di finanziamento privato e pubblico. 5. Motivazioni dell'impresa privata: profitto, continuità, quote di mercato, fattori umani. Motivazioni dell'impresa pubblica: utilità pubblica, controllo dei prezzi di settori strategici o di importanza sociale, occupazione. Motivazioni del management.

III - Problemi di ottimizzazione degli inputs. 1. Analisi economica e analisi industriale del costo di produzione. 2. Leggi della tecnica. 3. Condizioni di impiego ottimale del capitale e del lavoro, combinazione efficiente degli inputs per un dato investimento, economia di scala, globalizzazione dei mercati.

IV - Applicazioni agli investimenti di capitale. 1. Come calcolare il rendimento del capitale. 2. Dalla statica alla dinamica, ruolo del tasso di attualizzazione. 3. Valore attuale dei profitti annuali, dato un flusso finanziario. 3. Profitto. 4. Tasso interno di rendimento (TIR). 5. Calcolo limitato ai costi. 6. Rinnovo degli impianti. 7. Affitto e leasing. 8. Investimento con prestito. Dal flusso lordo al flusso netto deimposta. 9. Rilevanza dell'imposta per la redditività degli investimenti. 10. Differenze tra contabilità aziendale e contabilità fiscale: interesse sul capitale proprio, ammortamento fiscale, scorte di magazzino. 11. Costo non ammortizzato, perdita del conto d'esercizio, sopravvenienze, cadenza temporale degli imponibili. 12. Problema di rinnovo degli impianti e imposta.

V - Problemi di ottimizzazione degli inputs. 1. Riclassificazione dei costi di produzione: costi fissi e variabili; costi totali, medi, marginali. 2. Mercato di concorrenza perfetta.

3. Ruolo della tecnologia sulla struttura delle imprese e sui prezzi. 4. Mercato di monopolio totale, profitto di monopolio, differenziazione dei prezzi. 5. Ruolo della tecnologia nel potere monopolistico. 6. Concorrenza e monopolio dal punto di vista del consumatore. 7. Il bilancio: stato patrimoniale e rendiconto di esercizio, analisi finanziaria, capitale circolante netto, condizioni di equilibrio finanziario, grado di liquidità.

VI - *Elementi di macroeconomia per l'impresa*. A - *Moneta e banche*. 1. Definizione e funzioni della moneta, tipi di monete. 2. Governo della liquidità, equazione, livello generale dei prezzi. 3. Inflazione, effetti economici e sociali dell'inflazione. 4. Banca di emissione, banche di credito ordinario, istituti di credito speciale. B - *Sistema tributario italiano*. 1. IRPEF. 2. ILOR. 3. IRPEG. 4. IVA. C - *Commercio internazionale*. 1. Teorema dei conti comparati, libero scambio, protezionismo. 2. Bilancia dei pagamenti internazionali. 3. Cambio, convertibilità delle monete estere, strumenti per la stabilizzazione dei cambi. 4. Mercato Comune Europeo, Sistema Monetario Europeo, Fondo Monetario Internazionale, Banca Internazionale per la Ricostruzione e lo Sviluppo. D - *Equilibrio macroeconomico*. 1. Importanza dell'equilibrio macroeconomico per la singola impresa. 2. Sistema macroeconomico e condizioni di equilibrio monetario. 3. Leve monetarie e fiscali per il riequilibrio del sistema. 4. Inflazione da costi e da domanda e scala mobile salariale. 5. Politica per lo sviluppo economico, le aree e settori depressi, l'occupazione.

Testi consigliati:

- N. LUCIANI, *Introduzione all'economia, con applicazioni agli investimenti*, CUSL, Bologna, 1992.
D. ZANOBETTI, *Economia dell'ingegneria*, Pàtron, Bologna, 1990.

Testi di complemento:

- R.A. LIPSEY, *Introduzione all'economia*, Etas Libri, Milano, 1990.
V. DEL PUNTA, *Le basi dell'economia politica*, D'Anna, Firenze, 1990.
P. BOST, *I tributi nell'economia italiana*, Il Mulino, Bologna, 1990.
R.A. BREADLY, S.C. MYERS, *Finanza aziendale*, McGraw-Hill, 1990.
C.A. D'AMBROSIO, S.D. HOADGES, *Finanza aziendale*, McGraw-Hill, 1991.

Esame: scritto e orale.

ELETTRONICA

Docente: **Vito Antonio Monaco** prof. ord.

Finalità dell'Insegnamento

A livello istituzionale vengono trattate le problematiche e le metodologie della Elettronica Applicata. Vengono inoltre forniti criteri di analisi e di progettazione di circuiti elettronici analogici e digitali di interesse per l'ingegneria elettrotecnica.

Programma

Segnali elettrici analogici e digitali. Sistemi di modulazione e di trasmissione. Schemi funzionali di apparecchiature elettroniche per le comunicazioni e per la strumentazione. Dispositivi elettronici fondamentali. Funzionamento in regime stazionario ed in condizioni dinamiche. Analisi e progettazione di semplici circuiti elettronici. Raddrizzatori, Raddrizzatori controllati, Amplificatori lineari. Amplificatori di potenza. Oscillatori sinusoidali e di rilassamento. Circuiti logici elementari. Famiglie logiche integrate.

Testi consigliati:

VITO A. MONACO, *Elettronica Applicata*, appunti tratti dalle lezioni.

E. DE CASTRO, *Elettronica Applicata*.

G. BASILE, *Elettronica Applicata*.

Oltre alle lezioni l'Insegnamento comprende *esercitazioni* in aula consistenti nello svolgimento di esercizi numerici sulla analisi e la progettazione; esercitazioni di laboratorio volontarie nelle quali gli studenti possono realizzare e mettere a punto semplici circuiti elettronici. Per essere ammesso agli *esami* lo studente deve superare una prova scritta consistente nella risoluzione di esercizi del tipo svolto nelle esercitazioni in aula.

Propedeuticità consigliate: Principi di ingegneria elettrica, Teoria dei circuiti.

ELETRONICA INDUSTRIALE

Docente: **Fabio Filicori** prof. ass.

L'Insegnamento intende fornire le conoscenze di base per la progettazione dei sistemi elettronici che trovano applicazione nelle macchine e negli impianti industriali. Vengono esaminate le caratteristiche funzionali degli elementi costitutivi di tali sistemi, con particolare riferimento alle unità di alimentazione, ai circuiti elettronici di potenza ed alle relative unità di controllo sia di tipo analogico che digitale.

Programma

Alimentatori: raddrizzatori, filtri, regolatori, circuiti di limitazione della corrente. Criteri di progetto di un alimentatore stabilizzato.

Dispositivi elettronici di potenza: caratteristiche e parametri limite principali dei transistori di potenza bipolari e FET; diodi controllati (SCR, GTO); circuiti di comando per i dispositivi operanti in commutazione; circuiti snubber.

Amplificatori di potenza: generalità sui convertitori controllati operanti in commutazione; progetto elettrico e termico delle reti di commutazione. Scelta delle leggi di commutazione più opportune per realizzare convertitori controllati DC/DC, DC/AC, AC/DC, AC/AC. Unità di controllo analogiche e digitali. Esempi di applicazione nel controllo di motori elettrici C.C. e C.A. e nella regolazione di impianti industriali.

Trasduttori: principio di funzionamento, caratteristiche e modalità di impiego di trasduttori elettroottici, elettromeccanici, termoelettrici.

Unità di controllo programmabili: criteri per la scelta dei componenti e la definizione della configurazione hardware, organizzazione e sviluppo del software applicativo.

Testi consigliati:

- 1) Appunti tratti dalle lezioni.
- 2) S.B. DEWAN, A. STRAUGHEN, *Power Semiconductor Circuits*, J. Wiley, 1975.
- 3) K. KIT SUM, *Switch-mode power conversion*, Dekker, 1984.

L'esame consiste in una prova orale.

L'insegnamento prevede *esercitazioni*, nelle quali vengono sviluppati ed approfonditi gli argomenti di teoria attraverso esempi ed applicazioni di pratico interesse.

Propedeuticità consigliate: Elettronica applicata I, Reti logiche, Controlli automatici I.

FISICA GENERALE I (vedi "informaz. A-D")

FISICA GENERALE II (vedi "informaz. A-D")

FISICA TECNICA

Docente: **Enzo Zanchini** prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento

L'Insegnamento si propone di fornire le nozioni e le metodologie di base della termodinamica applicata, della fluidodinamica e della trasmissione del calore, 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 - Sistemi semplici in moto o aperti: 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 - 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] - Proprietà delle miscele di gas ideali - Entropia di mescolamento - Ciclo Rankine e ciclo frigorifero a compressione.

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 - Cenno alla teoriadello 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.

Trasmissione del calore

Conduzione - Legge di Fourier - Equazione di Fourier o dell'energia - 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 - Distinzione fra convezione forzata, naturale e mista - Equazioni fondamentali del moto non isoterma - Coefficiente di convezione e numero di Nusselt - Adimensionalizzazione delle equazioni e relazione $Nu = Nu(Re, Gr, Pr)$ in convezione mista - Strato limite termico e significato fisico del numero di Prandtl - 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 termico - Esempi di geometria piana e in geometria cilindrica - Superfici alettate: generalità; distribuzione di temperatura in un'aletta piana sottile ed efficienza dell'aletta.

Testi consigliati:

- 1) E. ZANCHINI, *Termodinamica* (Pitagora, Bologna 1993): capitoli 8 e 9; capitoli 11, 12, 13, 14; paragrafo 15.1; capitoli 16 e 17; paragrafi 19.3 e 19.4.
- 2) E. ZANCHINI, *Dispensa di Fisica Tecnica per Ingegneria Elettrica e Nucleare*, disponibile presso la Biblioteca della Facoltà di Ingegneria.
- 3) E. ZANCHINI, *Esercizi di Fisica Tecnica per Ingegneria Elettrica e Nucleare*, raccolta disponibile presso la Biblioteca della Facoltà di Ingegneria.

Possibilità di scelta fra esame scritto e esame orale. Relativamente alla prima opzione, le prove scritte (n. 2 prove) saranno tenute in-itinere. Gli studenti che superano entrambe le prove possono scegliere fra una prova orale su pochi argomenti prefissati o un normale esame orale. Validità delle prove scritte: anno accademico.

FONDAMENTI DI INFORMATICA

Docente: **Laura Ambrosini Guaccimanni** prof. ass.

Obiettivi dell'Insegnamento

Fornire uno strumento di approccio logico alla risoluzione di problemi. Fornire le conoscenze di base sull'architettura di un elaboratore elettronico, sulle metodologie e sugli strumenti per la definizione, lo sviluppo e la verifica dei programmi.

Programma del corso

Elementi di programmazione

Individuazione delle principali funzioni svolte da un sistema per l'elaborazione dell'informazione. Organizzazione delle unità di memoria, operazioni di scrittura e lettura, dati ed istruzioni come astrazione dei contenuti delle parole di memoria.

Unificazione formale del concetto di indirizzo ed istruzioni elementari del linguaggio macchina, scelte relative al dimensionamento e all'indirizzamento della memoria, descrizione di un calcolatore esemplificativo decimale. Linguaggio assembler.

Rappresentazione dei numeri, architettura di un PC, sistemi operativi e loro ruolo, linguaggi ad alto livello: procedurali ed orientati, compilatori ed interpreti, fasi di compilazione. Soluzione dei problemi con l'uso del calcolatore, definizione di algoritmo e diagrammi di flusso

La programmazione strutturata. Rappresentazione delle strutture dei dati. Tecniche di gestione delle tabelle, liste, pile, code. Sintassi e semantica delle espressioni, espressioni aritmetiche, relazionali e logiche: operatori e natura degli operandi, priorità di esecuzione. Programmazione Top-Down.

Linguaggio Fortran

Introduzione al Fortran. Istruzioni di assegnamento, I/O, salto, ripetizioni, condizioni, etc., I/O con formato, operazioni sui FILE: OPEN, READ, WRITE, CLOSE.

Concetto di procedura, definizione di subroutine e di funzione, funzioni implicite, passaggio dei parametri. Algoritmi di ordinamento, inserimento e algoritmi di ricerca delle informazioni. Matrici e loro gestione.

Linguaggio C

Introduzione al linguaggio C. Struttura, esecuzione passo-passo, debug e compilazione di un programma in C. Elementi del testo, dati e controllo, tipi di dato, classificazione dei dati. Tipi di dati scalari primitivi: interi, caratteri, reali, tipi definiti dall'utente. Tipi di dato scalari non primitivi: enumerati, puntatori. Tipi di dato strutturati primitivi: vettori, record, record varianti (union). Istruzioni: Input/Output, istruzione composta, alternativa, alternativa multipla, iterazione, ripetizione.

Algoritmi di ordinamento. Algoritmi di gestione delle matrici. Uso della memoria dinamica, variabili dinamiche, allocazione dinamica. Le liste come tipo di dato, gestione delle liste. Vettori e puntatori: gestione di strutture di dati in memoria dinamica. Funzioni e procedure: dichiarazione e definizione di funzioni, funzioni predefinite, passaggio dei parametri.

Metodo di Homer ed introduzione al problema della ricorsione, record di attivazione ed impostazione dei problema della ricorsione.

I File: apertura accesso e chiusura, lettura e scrittura formattata sui file; gestione dei file: file di testo, file binari, operazioni FREAD ed FWRITE, accesso diretto ai file.

Elementi di programmazione ad Oggetti

Concetto di Classe, definizione di oggetto, allocazione dinamica. Polimorfismo, classi derivate, funzioni virtuali.

Dispense

Sono disponibili dispense informali su tutti gli argomenti del programma.

Testi consigliati

G. AGUZZI, N.L.G. GASPARO, M.N. TACCONI, *Titolo???*, ed. Pitagora Editrice, Bologna.

BRIAN W. KERNIGHAN, DENNIS M. RITCHIE, *Linguaggio C (Ansi C)*, ed. Jackson Libri.

PETER A. DARNELL, PHILIP E. MARGOLIS, *C Manuale di programmazione*, ed. McGraw Hill Libri Italia.

DEREK M. CAPPER, *Introduzione a C++ per le scienze e l'ingegneria*, ed. McGraw Hill.

Esame: scritto e orale

GEOMETRIA E ALGEBRA (vedi "informaz. A-D")

IMPIANTI DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA

Docente: **Carlo Alberto Nucci** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di fornire la descrizione degli elementi impiantistici dei diversi tipi di centrali elettriche e di fornire gli elementi alla base della gestione e, limitatamente alla parte elettrica, della progettazione di esse. Esso fornisce inoltre ulteriori approfondimenti dei temi del corso di Sistemi elettrici per l'energia strettamente connessi con la gestione ed il progetto delle centrali elettriche.

Programma.

Generalità sugli impianti di produzione dell'energia elettrica e sui consumi di energia (diagramma di carico).

Elementi impiantistici dei diversi tipi di centrale: centrali idroelettriche e centrali di pompaggio; centrali termoelettriche a vapore, a gas, miste gas-vapore; nucleari. Centrali per la produzione combinata di energia e calore.

I servizi ausiliari delle centrali, in particolare delle grandi centrali termoelettriche. Schemi elettrici tipici delle centrali italiane. L'alimentazione in corrente continua dei servizi di emergenza. I diversi tipi di accumulatori; caratteristiche esterne di essi.

Conversione dell'energia eolica e solare. Cenni sulla conversione magneto-aerodinamica.

Inquinamento prodotto dalle centrali. Problemi connessi con la produzione dell'energia elettrica: danni e pericoli causati all'ambiente ed alle persone.

I generatori sincroni di centrale. I diversi diagrammi vettoriali delle macchine sincrone. Le curve delle prestazioni limite per macchine isotrope ed anisotrope. L'autoeccitazione dei generatori sincroni. La teoria delle macchine sincrone in regime dinamico. Parametri subtransitori e transitori. Trasformate di Park. Corto circuito di generatore sincro trifase. Calcolo dei transitori elettromeccanici delle macchine sincrone.

Regolazione della tensione nelle centrali elettriche. Sistemi di eccitazione degli alternatori e loro caratteristiche. Asservimento del regolatore di tensione al carico dell'alternatore. Ripartizione della potenza reattiva tra gli alternatori di una centrale.

Regolazione della frequenza. Richiami sul comportamento tipico di un regolatore di velocità di un gruppo e sulla regolazione primaria. La regolazione secondaria. La regolazione della frequenza in un sistema con più generatori.

Ripartizione economica del carico. Caratteristiche dei gruppi di generazione. Costo di produzione di un gruppo termoelettrico. Costo specifico e costo incrementale. La ripartizione del carico in una rete con sole centrali termoelettriche. Reti con perdite di trasmissione trascurabili e non. Il metodo dei moltiplicatori di Lagrange. Ottimizzazione nel rispetto dei vincoli. Condizioni di Kuhn-Tucker.

Il problema della definizione e programmazione del parco di unità in servizio (Unit commitment). Vincoli tecnici dei gruppi. Riserva rotante. La soluzione del problema. Liste di priorità. Programmazione dinamica. Cenni alla soluzione mediante la tecnica del rilassamento della Lagrangiana. Cenni al coordinamento idrico-termico.

Cenni ai diversi tipi di strutture del mercato dell'energia elettrica. Il sistema verticalmente integrato. Il modello 'pool' e 'bilaterale'.

Codici ingegneristici di simulazione del funzionamento dinamico delle centrali. Cenni ai metodi di risoluzione numerica impiegati. Descrizione della struttura di codice modulare e di alcuni moduli elettrici di esso (generatore, motori asincroni, regolatori, carichi, ...).

L'Insegnamento comprende *esercitazioni* in aula ed in laboratorio al calcolatore (calcolo dei transitori elettromeccanici, simulazione dei transitori elettrici dell'impianto dei servizi ausiliari di una tipica centrale termoelettrica italiana) ed è completato da una visita ad una centrale dell'ENEL di cui viene in precedenza illustrato il funzionamento e lo schema elettrico.

Testi consigliati:

D. ZANOBETTI, *Centrali e generatori elettrici*, Patron, Bologna, 1976.

R. ROVA, *Centrali elettriche*, Cleup, Padova, 1978.

C. ZANCHI, *Centrali elettriche*, Masson Italia, Milano, 1981.

A. WOOD, B. WOLLEMBERG, *Power generation, operation, and control*, Second edition, John Wiley & Sons, 1996.

Testi di consultazione:

Ai testi già segnalati per l'Insegnamento di Sistemi elettrici per l'energia si aggiungono:

G. EVANGELISTI, *Impianti idroelettrici*, Pàtron, Bologna, 1982.

C. MAFFEZZONI, *Controllo dei generatori di vapore*, Masson, Milano, 1990.

D.G. FINK, H. WAYNE BEATY (Editors), *Standard handbook for electrical engineers*, McGraw-Hill, 1993.

BRITISH ELECTRICITY INTERNATIONAL, *Modern Power Station Practice*, 3rd Edition, Pergamon Press, 1993.

Di alcune parti dell'Insegnamento vengono fornite dispense tratte dalle lezioni del docente.

IMPIANTI ELETTRICI

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, soffermandosi anche sulle particolari condizioni di sicurezza richieste nei cantieri.

Per facilitare la comprensione delle lezioni nel caso di studenti appartenenti a corsi di Laurea diversi da quello di Ingegneria Elettrica, nelle prime lezioni vengono forniti elementi teorici propedeutici.

Nell'ambito dell'insegnamento sono previste esercitazioni in laboratorio sia di tipo pratico che di progettazione assistita dal calcolatore. Sono altresì previste visite tecniche presso reparti produttivi di fabbriche di apparati elettrici.

CONCETTI DI BASE PER IL DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI

- Metodo delle sequenze per la soluzione dei circuiti trifasi;
- Cenni sul principio di funzionamento dei trasformatori e dei generatori sincroni; circuiti equivalenti;
- Fenomeni termici associati al passaggio della corrente elettrica;
- Integrale di Joule (energia specifica);
- Effetti elettrodinamici delle correnti di corto circuito.

LINEE

- Cenni sulla teoria generale delle linee in regime sinusoidale;
- Teoria delle linee corte aeree e in cavo;
- Aspetti costruttivi delle linee di media tensione e di subtrasmissione;
- Stato del neutro.

APPARECCHI DI MANOVRA E PROTEZIONE

- Teoria dell'arco elettrico;
- Apparecchiature di sezionamento, di interruzione e di manovra per media e bassa tensione;
- Relè di protezione.

LA SICUREZZA NEGLI IMPIANTI ELETTRICI

- Curva di pericolosità della corrente;
- Dispensori ed impianti di dispersione a terra;
- Tensione totale di terra, tensione di passo e di contatto;
- Protezione dai contatti diretti ed indiretti in media tensione.

CABINE IN MEDIA TENSIONE

- Configurazioni delle cabine;
- Quadri elettrici in media tensione;
- Coordinamento delle protezioni e selettività.

PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI ED INDIRETTI IN BASSA TENSIONE

- Protezione dai contatti diretti;
- Protezione contro i contatti indiretti in impianti di bassa tensione (sistemi TT, TN e IT);
- Protezione per separazione elettrica;
- Sistemi a bassissima tensione;
- Impianti di terra e di equipotenzialità;
- Protezione dai contatti diretti e indiretti in ambienti particolari, compresi i cantieri edili.

CARATTERISTICHE DI ALTRE SORGENTI IN BASSA TENSIONE

- Gruppi elettrogeni;
- Gruppi di continuità assoluta.

DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI IN BASSA TENSIONE

- Tipi di cavi elettrici e loro comportamento nei confronti dell'incendio, condizioni di posa;
- Coordinamento fra apparati di protezione e linee e relativo dimensionamento;
- Selettività nell'intervento delle protezioni;
- Quadri elettrici di bassa tensione;
- Quadri elettrici di cantiere;
- Impianti di rifasamento.

IMPIANTI ELETTRICI UTILIZZATORI IN BASSA TENSIONE

- Impianti di illuminazione (e principi di illuminotecnica);
- Caratteristiche di impianti di forza motrice.

IMPIANTI DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

- Rischio di fulminazione diretta e indiretta;
- Dimensionamento degli impianti di protezione degli edifici.

Agli studenti vengono fornite le copie su carta delle "trasparenze" proiettate nel corso delle lezioni.

Testi consigliati:

PAOLUCCI, *Lezioni di impianti Elettrici*, CLEUP, 1995.

PAOLUCCI, *Lezioni di trasmissione dell'energia elettrica*, CLEUP, 1990.

- ZANOBBETTI, PEZZI, *Lezioni di impianti elettrici*, CLEUB, 1981.
- CHIZZOLINI, FALETTI, *Trasmissione e distribuzione della energia elettrica*, Patron, 1985.
- SELLATO, BUCCIANI, TOMAZZOLLI, *Apparecchi di manovra e protezione*, Editoriale Delfino, 1989.
- CATALIOTTI, MORANA, *Impianti elettrici di illuminazione*, PROMOTEC, 1993.
- CARRESCIA ed altri, *Impianti a Norme CEI nei cantieri edili*, TNE, 1994.
- CARRESCIA, LO PIPARO, *Elettroquesiti n° 3*, TNE, 1996.
- GUIDA CEI 11-35, *Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente*, 1996.
- MASTROMAURO, *Dispense di Impianti Elettrici*, La Goliardica flavese, 1996.
- CARRESCIA, *Fondamenti di sicurezza Elettrica*, TNE, 1997.
- GUIDA CEI 11-37, *Guida all'esecuzione degli impianti di terra negli stabilimenti industriali per sistemi di I, II e III categoria*, 1997.

MACCHINE (vedi 50)

MACCHINE ELETTRICHE

Docente: **Giovanni Serra** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di fornire i fondamenti del funzionamento delle macchine elettriche e le loro caratteristiche in relazione alle diverse modalità d'impiego.

Programma

- Descrizione della geometria e principio di funzionamento delle macchine tradizionali: trasformatore, macchina asincrona, macchina sincrona, macchina a corrente continua;
- Cenni sui materiali impiegati per la loro costruzione;
- Equazioni che caratterizzano il funzionamento di regime e transitorio di tali macchine;
- Calcolo analitico dei parametri che intervengono nelle equazioni delle macchine elettriche, in vista di soluzioni numeriche ottenibili tramite l'impiego del calcolatore elettronico;
 - Elementi di progetto;
 - Finalità delle macchine elettriche tradizionali e speciali in relazione ai problemi tecnici attuali;
- Descrizione ed equazioni che caratterizzano il funzionamento delle macchine elettriche speciali (birotativa, motore lineare, ecc.);
- Regolazione della velocità delle macchine elettriche.

L'Insegnamento comprende *esercitazioni* di gruppo con sviluppo di argomenti specifici. Vengono tenuti anche *seminari*, in vista della scelta degli argomenti della tesi di laurea.

Testi consigliati:

- A.E. FITZGERALD, C. KINGSLEY, A. KUSKO, *Macchine Elettriche*, F. Angeli.
 M. KOSTENKO, L. PIOTROVSKY, *Electrical Machines*, MIR Publishers, Moscow, 1968.
 P.L. ALGER, *The nature of poliphase induction machine*, John Wiley, New York, Chapman & Hall, London, 1951.
 LIWSCHITZ M., *Le macchine elettriche*, I parte, Milano, Hoepli, 1963.

MAGNETOFLUIDODINAMICA APPLICATA

Docente: **Carlo Angelo Borghi** prof. ass.

La *Magnetofluidodinamica* riguarda lo studio del comportamento dei plasmi in moto in campi elettromagnetici. Sono fornite le conoscenze di base delle principali applicazioni ingegneristiche dei plasmi. I principi fondamentali della magnetofluidodinamica e della fisica dei plasmi sono trattati nella prima parte dell'insegnamento. Nella seconda parte vengono presi in esame gli aspetti fondamentali della conversione diretta MHD e della fusione termonucleare controllata a confinamento magnetico. Infine vengono illustrati il principio di funzionamento del laser a gas ed applicazioni.

*Programma**Elementi di Magnetofluidodinamica e Fisica dei Plasmi*

Moto delle particelle cariche: Il moto di una particella carica, in presenza di campi magnetici e campi gravitazionali. Momento magnetico di una particella carica ed invarianti adiabatiche. Specchi magnetici.

Processi radiativo-collisionali: Le particelle fondamentali di un plasma. Processi collisionali: 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, radiazioni bound-free e radiazioni free-free.

Comportamento statico dei plasmi: Relazioni di equilibrio: distribuzione Maxwelliana, relazioni di Boltzmann, relazione di Saha e relazione di Plank.

Fenomeni collettivi e grandezze caratteristiche del plasma: Lunghezza di Debye, potenziale schermato di Coulomb ed effetto guaina. Il parametro di Hall. Legge di Ohm generalizzata.

Descrizione dei campi magnetofluidodinamici: Approssimazione MHD. Equazioni dell'Elettrodinamica: equazioni di Maxwell e legge di Ohm in un campo magnetofluidodinamico. Regimi diffusivo e convettivo, numero di Reynolds magnetico e parametro di interazione. Modello del continuo ed equazioni della fluidodinamica in un campo magnetofluidodinamico. Equazioni di conservazione per plasmi in parziale equilibrio termodinamico locale.

Onde nei plasmi: Onde elettromagnetiche ed onde di Alfvén. Onde elettroacustiche ed onde magnetoacustiche. Smorzamento delle onde nei plasmi.

Conversione magnetofluidodinamica dell'energia

Principio di funzionamento del generatore MHD.

Leggi fondamentali della conversione MHD: Leggi dell'Elettrodinamica del generatore. Conducibilità del non equilibrio e leggi di conservazione degli elettroni. Fenomeni di perdita.

Elementi di progetto del generatore MHD: Il topper MHD ed impianti combinati: ciclo chiuso e ciclo aperto. Rendimento di conversione.

Fusione termonucleare controllata

Principio fisico e caratteristiche principali dei plasmi fusionistici: Principali reazioni di fusione. Barriera Coulombiana e probabilità di reazione. Bilanci energetici.

Confinamento magnetico del plasma: Configurazioni lineari: z-pinch ed equazione di Bennet. 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.

Il riscaldamento del plasma: Riscaldamento Ohmico e suoi limiti. Il riscaldamento adiabatico, il riscaldamento inerziale ed il riscaldamento a radiofrequenze.

Aspetti ingegneristici della macchina tokamak.

Il Laser a gas

Principio di funzionamento del laser a gas ed applicazioni: Emissione forzata, effetto laser e materiale attivo. Inversione di popolazione e pompaggio. Risonatori. Laser a gas atomici, a gas ionici ed a gas molecolari.

Testi consigliati:

Appunti dell'Insegnamento.

J.L. SHOHEI, *The Plasma State*, Academic Press, New York, 1971.

L.C. WOODS, *Principles of Magnetoplasma Dynamics*, Clarendon Press, Oxford, 1987.

R.V. POLOVIN and V.P. DEMUTSKII, *Fundamentals of Magnetohydrodynamics*, consultant Bureau, New York/London, 1990.

M. MITCHNER, C.H. KRUGER, *Partially Ionized Gases*, Wiley-Interscience, New York, 1973.

J.R. ROSA, *Magnetohydrodynamics Energy Conversion*, McGraw-Hill, New York, 1968.

K. MIYAMOTO, *Plasma Physics for Nuclear Fusion*, The MIT Press, Cambridge-Mass, 1989.

T.J. DOLAN, *Fusion Research*, Pergamon Press, New York, 1982.

MATERIALI PER L'INGEGNERIA ELETTRICA

Docente: **Ermanno Goracci** prof. ass.

L'Insegnamento ha scopi di carattere generale quali quelli di stimolare gli studenti a prestare attenzione alle particolarità, alle anomalie e ai difetti, perché, imateriali si distinguono proprio per le particolarità che li possono rendere adatti o no ad un determinato impiego.

L'insegnamento ha poi uno scopo di raccogliere ed inquadrare le informazioni relative alle caratteristiche, processi di fabbricazione e modalità di impiego dei materiali utilizzati.

Programma

1. *Elementi di cristallografia.*
2. *Elementi di metallografia e analisi non distruttive.*
3. *Analisi del processo di solidificazione* degli acciai in funzione delle caratteristiche ottenibili. Caratteristiche e difetti dei materiali sinterizzati.
4. *Trattamenti termici* delle leghe ferrose e non ferrose.
5. *Corrosione e invecchiamento dei metalli:* corrosione degli acciai, del rame e sue leghe, dell'alluminio e sue leghe; leghe resistenti alla corrosione, leghe resistenti al calore; criteri di protezione attiva e passiva; invecchiamento dei metalli.
6. *Analisi cristallografica* delle fratture di origine elettrica.
7. *Semiconduttori:* Equazione generale della diffusione; la giunzione polarizzata; capacità di transizione e capacità di diffusione della giunzione; dipendenza della caratteristica della giunzione dalla frequenza e dalla temperatura; rumore nei diodi.
8. *Diodi:* tensione di breakdown e meccanismo di rottura; effetto tunnel; diodi inversi; diodi pounch-through; diodi PIN; diodi a punto di contatto; diodi varactor; diodi rettificatori; diodi fotodiodi, celle solari.
9. *Transistore:* L'effetto transistorore; modulazione della larghezza di base; caratteristiche esterne; caratteristiche dinamiche; limiti di: potenza, tensione, corrente; parametri dei transistorori, circuiti equivalenti; tempi di commutazione, rumore e di fondo.
10. *Teoria dei FET e dei MOSFET.*
11. *Dispositivi p-n-p-n e rettificatori* controllati al silicio.
12. Problemi dei *tiristori.*
13. Altri componenti particolari: *Pile termoelettriche.*
14. Problemi tecnologici connessi all'*affidabilità.*
15. Caratteristiche attuali e *criteri di scelta* dei materiali superconduttivi.
16. Problemi tecnologici dei *supermagneti.*
17. *Materiali strutturali* per avvolgimenti di armatura in aria.
18. Tecniche e *materiali criogenici e dell'alto vuoto.*
19. *Schermi elettromagnetici.*

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

Docente: **Alberto Maggiore** prof. ord.

L'insegnamento fornisce agli allievi i concetti ed i metodi per lo studio funzionale delle macchine, con riferimento anche all'impostazione dei relativi problemi di progettazione e di manutenzione.

Programma

1. Definizioni generali.

Macchina e meccanismo, coppie cinematiche, gradi di libertà, rendimento di una macchina.

2. Tribologia e lubrificazione.

a) L'attrito di strisciamento e le sue leggi; applicazioni: coppia prismatica, coppia rotoidale, viti di manovra e di serraggio; freni; innesti e giunti ad attrito.

b) Risultati della teoria di Hertz. Attrito di rotolamento e sue leggi. Applicazioni: trasporto con rulli; tipologia, scelta e calcolo dei cuscinetti a rotolamento; guide e viti a circolazione di sfere. Equilibrio di un veicolo su ruote.

c) Usura abrasiva, usura adesiva, fatica superficiale. La lubrificazione idrodinamica: equazione di Reynolds; cuscinetti Michell e Kingsbury; coppia rotoidale lubrificata; dimensionamento e verifica di un cuscinetto. Cenni sulla lubrificazione elastoidrodinamica e sulla lubrificazione fluidostatica.

3. Teoria dei meccanismi.

a) Sistemi articolati piani: analisi e sintesi cinematica; analisi cinetostatica; esempi ed applicazioni. Sistemi articolati spaziali: analisi cinematica dei sistemi articolati in catena aperta per manipolatori di robot; il giunto di Cardano.

b) Le ruote dentate cilindriche: dentature ad evolvente; proporzionamento modulare; modalità di ingranamento e ripartizione del carico; rendimento meccanico; cenni sul taglio delle ruote dentate; ruote a denti elicoidali. Ruote dentate croniche. Coppia vite-ruota elicoidale.

c) Rotismi ordinari ed epicicloidali: scelta e valutazione del rapporto di trasmissione; relazione fra i momenti; rotismi differenziali. Metodi elementari di calcolo di alcuni organi di trasmissione. Impegno degli organi flessibili nelle macchine di sollevamento. Trasmissione del moto con organi flessibili: cinghie piate e trapezoidali, catene. Freni a nastro.

4. Dinamica delle macchine e meccanica delle vibrazioni.

a) Azioni d'inerzia, energia cinetica, masse di sostituzione. Equilibrio dinamico di una macchina alternativa; compensazione delle azioni di inerzia. Impianti funzionanti a regime periodico: grado di irregolarità e calcolo del volano; cenni sul calcolo a resistenza del volano.

b) Caratteristica meccanica di una macchina. Accoppiamento motore-utilizzatore; il problema della regolazione della velocità angolare. I transitori meccanici: avviamento, frenatura, transitorio di un impianto con innesto a frizione.

c) Vibrazioni libere e forzate di sistemi ad un grado di libertà, applicazioni tecniche, isolamento delle vibrazioni; scrittura matriciale delle equazioni del moto per sistemi a due e a più gradi di libertà, autovalori ed autovettori, analisi modale. Analisi sperimentale delle vibrazioni; effetti delle vibrazioni; monitoraggio e diagnostica industriale. Dinamica dei rotori: equilibratura e macchine equilibratrici; velocità critiche flessionali; instabilità.

Testo consigliato:

E. FUNAJOLI, A. MAGGIORE, U. MENEGHETTI, *Lezioni di Meccanica applicata alle macchine*, Pàtron, Bologna.

Esame: consiste in una prova orale.

Propedeuticità consigliata: Meccanica razionale.

MECCANICA RAZIONALE (vedi "informaz. A-D")

METODOLOGIE DI PROGETTAZIONE DI MACCHINE ELETTRICHE

Docente: **Antonio 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 numerici relativi al dimensionamento di una m. elettrica, svolti da ciascun candidato nelle ore di esercitazione.
- b) colloquio su argomenti oggetto delle lezioni del Corso.

MISURE ELETTRICHE

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;
- la conoscenza di strumenti e metodologie per la misura elettrica di grandezze non elettriche, pertinenti all'ingegneria elettrica.

Argomenti dell'Insegnamento saranno:

- nozioni di metrologia. unità di misura fondamentali e derivate del Sistema Internazionale;
- risoluzione, sensibilità ed espressione della misura;
- errori di misura: tipi e legge di propagazione degli stessi;
- strumenti indicatori e registratori analogici: costituzione, principi di funzionamento, caratteristiche ed impiego;
- strumenti ad amplificatore analogici e digitali: cenni alle caratteristiche esterne ed all'impiego;
- principali metodi di misura di grandezze elettriche: ponti in c.c. ed in c.a., ponti a squilibrio, potenziometri;
- misure di potenza e di energia in corrente alternata su sistemi monofase e trifase;
- sistemi di tariffazione dell'energia elettrica;

- metodi di misura delle grandezze fondamentali di materiali conduttori magnetici ed isolanti;
- prove sulle macchine elettriche: isolamento, rendimento, sovrariscaldamento;
- misure sugli impianti elettrici: resistenza di terra, tensioni di passo e contatto, impedenza di guasto;
- misura di grandezze fotometriche pertinenti alle sorgenti ed agli impianti di illuminazione;
- misura di grandezze acustiche fondamentali;
- misura di campi elettromagnetici a bassa frequenza.

Costituiscono parte integrante dell'Insegnamento le esercitazioni teoriche e pratiche di laboratorio

Testi consigliati:

MODONI-DORE, *Misure Elettriche*, Pàtron.
Dispense integrative su argomenti specifici.

Esame: prova pratica di laboratorio ed esame orale.

Propedeuticità consigliate: Macchine Elettriche, Impianti Elettrici.

MISURE E COLLAUDO DI MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICI

Docente: **Renato Sasdelli** prod. ass.

Metrologia. Richiami di metrologia elettrica.

Misure di impedenze. Reti equivalenti e caratterizzazione metrologica di componenti passivi. Influenza dei parametri indesiderati nei ponti. Ponti per misure a tre morsetti. Misura di capacità di alta tensione. Analizzatori di impedenze.

Problemi di misura in regime periodico non sinusoidale. Metodi per caratterizzare circuiti monofase e trifase in regime non sinusoidale. Misure orientate alla tariffazione e alla qualificazione dell'energia elettrica.

Strumentazione programmabile. Standards per il controllo della strumentazione mediante calcolatore con particolare riferimento allo IEE 488. Struttura dei sistemi di acquisizione. Strumentazione virtuale; realizzazione di strumenti virtuali.

Misure per la caratterizzazione di macchine elettriche. Problemi generali: tipi di prove; requisiti della alimentazione; localizzazione e valutazione delle perdite; misura del rendimento.

Misure sui trasformatori: determinazione del rapporto di trasformazione e della polarità; misure per la determinazione delle perdite e dei parametri del circuito equivalente; misura dell'impedenza alle correnti di sequenza zero; prove sugli autotrasformatori.

Misure sui motori asincroni: perdite e loro separazione; determinazione dei parametri del circuito equivalente; rilievo della caratteristica meccanica. Misure sui motori monofase a condensatore.

Prove termiche. Potenza nominale e tipo di servizio di una macchina elettrica. Valutazione convenzionale della costante di tempo termica e della durata delle prove. Metodi per le prove di riscaldamento. Problemi nella misura della temperatura delle parti delle macchine. Valutazione dell'esito delle prove.

La sicurezza negli ambienti di lavoro. Approccio all'analisi dei rischi; definizioni. Il quadro legislativo. I servizi aziendali per la sicurezza e la salute negli ambienti di lavoro. Le responsabilità e i compiti dell'ingegnere. Organizzazione e poteri degli organi di vigilanza. Analisi di infortuni sul lavoro per cause elettriche. Circuiti "a sicurezza positiva". Esempi di evoluzione della normativa per la riduzione del rischio elettrico.

Misure e prove per il collaudo degli impianti elettrici. 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 sui conduttori di protezione e di terra. Misure sugli impianti di terra. Metodi e strumentazione per misure: di resistività del terreno; impedenza di terra; impedenza dell'anello di guastro; tensioni di passo e di contatto. Influenza dei disturbi in tali misure.

Le verifiche per la sicurezza negli impianti elettrici per i cantieri edili.

Costituiscono parte integrante dell'insegnamento i seminari e le esercitazioni teoriche e di laboratorio.

Testi consigliati:

Appunti delle lezioni.

G. ZINGALES, *Misure sulle macchine e sugli impianti elettrici*, CLEUP, Padova.

V. CARRESCIA, *Fondamenti di sicurezza elettrica*, Hoepli, Milano.

Propedeuticità consigliate: Misure elettriche; Macchine elettriche; Impianti elettrici.

MODELLISTICA DEI SISTEMI ELETTROMECCANICI

Docente: **Angelo Tani** ric.

Introduzione ai sistemi elettromeccanici:

Bilanci energetici in sistemi in quiete e in moto; calcolo delle forze mediante variazione di energia e coenergia; analisi di campo di tipo monodimensionale e bidimensionale; tensore di Maxwell; forze di attrazione, scorrimento, succhiamento e magnetostrizione; magneti permanenti.

Soluzione numerica dei campi:

Equazione di Poisson e condizioni al contorno; formulazione variazionale per campi stazionari; metodo delle differenze finite; metodo degli elementi finiti; studio del campo magnetico piano; elementi triangolari; calcolo dei coefficienti di auto e mutua induzione di bobine in sistemi a levitazione elettromagnetica; calcolo delle induttanze di dispersione in cava ed in testata; calcolo di forze; esempi di applicazione al calcolatore.

Dinamica dei sistemi elettromeccanici:

Metodi di integrazione numerica di sistemi di equazioni differenziali; studio del comportamento dei sistemi elettromeccanici per piccoli spostamenti mediante linearizzazione; comportamento dinamico di un sistema di levitazione di tipo elettrodinamico; smorzamento passivo ed attivo delle oscillazioni meccaniche; comportamento dinamico di un sistema di levitazione di tipo elettromagnetico.

Componenti complesse per lo studio di sistemi trifase.

Definizione di componenti complesse ed omopolari; studio di sistemi in regime periodico mediante sviluppo in serie delle componenti complesse; legame fra potenza istantanea e componenti complesse; relazione fra componenti complesse e variabili d'asse d e q ; generalità sullo studio delle macchine rotanti mediante componenti complesse; utilizzo delle componenti complesse per lo studio di un inverter tipo VSI.

Studio delle macchine elettriche mediante variabili complesse:

Legame fra componenti complesse di corrente e armoniche spaziali di forza magnetomotrice al traferro; equazioni differenziali 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 macchine elettriche con saturazione magnetica; controllo vettoriale universale; applicazione del Controllo Diretto di Coppia (D.T.C.) alle macchine asincrone.

Controlli adattivi:

Stima on-line dei parametri di un sistema elettromeccanico mediante metodo dei minimi quadrati; controllo tipo MRAS; regola del gradiente; teorema di Lyapunov.

Controlli Fuzzy

Introduzione alla Fuzzy Logic; variabili linguistiche, fuzzy sets e funzioni di appartenenza; processo di inferenza; applicazioni nell'ambito del controllo dei sistemi elettromeccanici.

Reti neurali:

Neuroni artificiali e funzioni di attivazione; reti neurali multistrato; istruzione della rete mediante algoritmo di back propagation; utilizzo delle reti neurali per la modellizzazione e il controllo dei sistemi elettromeccanici.

L'Insegnamento è integrato da esercitazioni al calcolatore ed in laboratorio.

MODELLISTICA E INGEGNERIA DEI MATERIALI ELETTRICI

Docente: **Luciano Simoni** prof. ord.

L'Ingegneria dei materiali studia la resistenza dei materiali alle sollecitazioni, statiche e dinamiche, e la sua evoluzione nel tempo causata dall'effetto degradante delle sollecitazioni stesse e dei fattori di invecchiamento (degradazione termica dei materiali organici, fenomeni di fatica, corrosione dei materiali, effetti delle radiazioni, ecc.).

La determinazione delle sollecitazioni ammissibili o, reciprocamente della vita in servizio (*Life prediction*), è basata su considerazioni fisiche, fenomenologiche e statistiche.

La resistenza a lungo termine alle sollecitazioni invecchianti (*endurance*) costituisce una proprietà fondamentale dei materiali e rappresenta il fattore determinante con cui il materiale contribuisce alla affidabilità (*reliability*) di un sistema, che è grandezza essenzialmente statistica.

Fra i materiali elettrici viene data particolare enfasi agli *isolanti*. I materiali *magnetici* vengono esaminati soprattutto in relazione alla valutazione delle condizioni di operabilità, in particolare la scelta del valore del campo B di servizio e i fenomeni che lo limitano. I materiali *semiconduttori* vengono trattati in modo schematico, essendo oggetto di altri Insegnamenti.

Programma

La prima parte è dedicata alla ripresa di argomenti in parte noti:

1. Una sintesi delle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali più usati, quali metalli e resine sintetiche, e delle principali tecnologie cui vengono sottoposti.
2. Richiamo dei principi fondamentali dell'Elettromagnetismo.
3. Fondamenti di statistica applicata.

I *materiali isolanti* come dielettrici (polarizzazione dielettrica, permittività, rilassamento e perdite). Calcolo del gradiente nei cavi ad alta tensione e differenza di comportamento in corrente continua e in corrente alternata. La scarica negli isolanti solidi, esaminata sia da un punto di vista fenomenologico (scarica per instabilità termica) che statistico (effetto dimensionale, distribuzione di Weibull). Rigidità dielettrica. Studio delle scariche parziali e del canale ramificato di scarica (*treeing*). Teorie statistiche e relazione fra probabilità di guasto e affidabilità.

La resistenza a lungo termine degli isolanti (Endurance).

A) Thermal endurance. Degradazione termica e teoria della velocità di reazione: modello di Arrhenius; il criterio di guasto e le prove di vita termica. Modelli di vita termica. L'effetto di compensazione. *Temperature index* e *halving interval* come indici per la valutazione della resistenza alla sollecitazione termica.

B) 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.

C) Voltage endurance. Prove convenzionali, prove a frequenza aumentata, prove a tensione crescente (carico progressivo). Analisi statistica dei dati. Modelli (inversa potenza, esponenziale con o senza soglia, a 3 o 4 parametri). L'equazione dell'invecchiamento elettrico. 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. L'approccio geometrico. Superficie di vita e modello di vita per materiali non solliati. Condizioni cui devono sottostare i modelli. L'anello di invecchiamento (*ageing loop*). Materiali solliati. Il metodo di analisi combinata dei dati. Modello generale di vita combinata.

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*.

Esempi di dimensionamento dell'isolamento. Progetto termico ed elettrico di un cavo alta tensione. Ottimizzazione del progetto di un condensatore di potenza, ed evoluzione di questo importante componente come esempio dell'evoluzione dei materiali isolanti, legata non solo a problemi tecnici, ma anche economici ed ecologici.

I principali *materiali magnetici* e le loro applicazioni, con particolare risalto ai materiali a cristalli orientati. Criteri per il dimensionamento dei nuclei magnetici. Magneti permanenti.

L'Insegnamento si collega agli Insegnamenti di "Principi di Ingegneria elettrica", "Macchine elettriche" ed "Impianti elettrici", e con gli Insegnamenti tecnologici successivi.

Le dispense dell'Insegnamento sono edite dalla CLUEB.

PRINCIPI DI INGEGNERIA ELETTRICA I

Docente: Ugo Reggiani prof. ord.

L'Insegnamento ha essenzialmente lo scopo di fornire agli allievi un quadro sintetico delle leggi dell'elettromagnetismo e di sviluppare le problematiche relative all'elettromagnetismo stazionario e lentamente variabile. Si esaminano i concetti e gli approcci metodologici per la soluzione dei problemi di campo stazionario e quasi-stazionario nelle apparecchiature e nei sistemi elettrici di potenza. Si ricavano, a partire dalla teoria dei campi, le relazioni fondamentali della teoria dei circuiti, teoria che viene sviluppata in dettaglio nell'insegnamento successivo di Principi di ingegneria elettrica II.

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 unicità 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. Definizione di resistenza e di coefficienti di auto e mutua induzione in corrente alternata e loro dipendenza dalla frequenza.

Circuiti magnetici

Proprietà dei materiali ferromagnetici. Circuiti magnetici in corrente continua: ipotesi di studio, problema diretto e problema inverso. Magnet permanenti: funzionamento e dimensionamento. Circuiti magnetici in corrente alternata: cenno sulle correnti parassite; effetto della non linearità della curva di magnetizzazione.

Azioni ponderomotrici

Calcolo delle forze e delle coppie ponderomotrici nel campo elettrostatico e nel campo magnetico mediante il metodo degli spostamenti virtuali.

L'Insegnamento è integrato da esercitazioni teoriche e numeriche.

Propedeuticità consigliate: Analisi Matematica I e II, Fisica II.

Esame: scritto e orale.

PRINCIPI DI INGEGNERIA ELETTRICA II

Docente: **Paolo Raffaele Ghigi** prof. ord.

Approssimazione di quasi stazionarietà. Leggi di Kirchoffe circuiti di Kirchoff.
Componenti e collegamenti.

Componenti fisici reali e schemi matematici (modelli).

Potenza ed energia. Convenzioni dell'utilizzatore e del generatore.

Circuiti di soli bipoli resistivi e generatori indipendenti.

Equazioni dipendenti e indipendenti. Numero delle equazioni indipendenti.

Metodi per la scrittura delle equazioni: metodo di riferimento (Tableau).

Metodo dei nodi.

Metodo delle maglie.

Cenni al metodo dei tagli e a quello degli anelli.

Metodi di eliminazione delle tensioni o delle correnti.

Componenti generatori dipendenti: revisione dei metodi di scrittura delle equazioni dei circuiti in presenza di generatori dipendenti.

Relazioni o teoremi: di unicità, di Tellegen, di sostituzione, di sovrapposizione, di Thevenin, di Norton, di reciprocità.

Circuiti con bipoli resistivi e un solo induttore o un solo condensatore.

Transitori del primo ordine.

Circuiti con più componenti induttori o condensatori.

Transitori di secondo ordine e superiore.

Revisione dei metodi di scrittura delle equazioni dei circuiti in presenza di componenti L e C.

Soluzione dei transitori per via differenziale.

Componente transitoria 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 transitori con le trasformate di Laplace.

Risposta con ingresso zero e risposta nello stato zero.

Trasformate dell'impulso e del gradino. Relazione tra impulso e gradino e tra le rispettive trasformate.

Impedenze generalizzate.

Generalizzazione ai circuiti di impedenze 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 Steinmetz), Fourier serie, Fourier integrale, Laplace.

Studio dei circuiti in condizioni di regime sinusoidale.

Impedenze simboliche.

Estensione ai circuiti di impedenze 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 e 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.

Multipoli resistivi. Matrice delle conduttanze e relative proprietà.

Quadripoli e doppi bipoli. Varie matrici rappresentative, rispettive relazioni, e vantaggi.

Comportamento di circuiti e componenti al variare della frequenza.

Fenomeni di risonanza serie e parallelo.

Circuiti magnetici. Analogia tra circuiti magnetici e circuiti elettrici sulla base del metodo con eliminazione delle tensioni. Matrice dei coefficienti di induzione e relative proprietà.

SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI ELETTRICI

Docente: **Antonio Motori** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di fornire una trattazione unitaria delle proprietà, degli impieghi e dei criteri di scelta dei materiali per l'ingegneria elettrica.

Programma

Classificazione dei materiali. Principali materiali metallici, ceramici, polimerici e compositi impiegati nell'Ingegneria elettrica. Proprietà generali.

Materiali monocristallini, policristallini e amorfi. Metalli e leghe metalliche. Ceramici. Polimeri e copolimeri. Polimeri termoplastici e termoindurenti. Elastomeri. Cristallinità, proprietà e applicazioni dei principali tecnopolimeri.

Difetti strutturali dinamici e statici. Concentrazione dei difetti e proprietà dei materiali cristallini. Microstruttura e proprietà dei materiali. Trasformazioni di equilibrio e non equilibrio. 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 (drogaggio dei semiconduttori, sinterizzazione).

Proprietà elettriche dei materiali: conduttori, semiconduttori e isolanti.

Conduzione elettrica e conducibilità elettrica. Materiali conduttori. Regole di Matthiessen e di Nordheim. Principali materiali conduttori impiegati nella tecnica. Semiconduttori intrinseci ed estrinseci. Droganti e meccanismi di conduzione. Materiali isolanti e dielettrici. Processi elementari di polarizzazione. Costante dielettrica complessa e processi di rilassamento dielettrico nei materiali. Equazioni di Debye. Principali materiali isolanti impiegati nella tecnica. Principali tecniche per lo studio delle proprietà elettriche dei materiali isolanti. Processi elementari di scarica elettrica nei materiali e rigidità dielettrica.

Prove e normativa sui materiali elettrici.

Proprietà magnetiche dei materiali. Principali materiali magnetici impiegati nella tecni-

ca. Superconduzione e superconduttori. Proprietà meccaniche dei materiali: elasticità lineare e non lineare, plasticità, frattura.

Principi delle tecnologie di fabbricazione e/o formatura dei materiali per l'ingegneria. Tecnologie dei materiali elettrici.

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 e criteri di valutazione.

Testi consigliati:

J. WULFF et. al., *Struttura e proprietà dei materiali*, CEA, Milano, 1975.

A.G. GUY, *Introduction to Materials Science*, McGraw-Hill, New York, 1975.

L'Insegnamento viene integrato da *esercitazioni* sugli argomenti trattati.

Esame: consiste in un colloquio orale riguardante anche gli argomenti trattati nelle esercitazioni.

Propedeuticità consigliate: Chimica, Fisica.

Tesi di laurea:

Proprietà elettriche di materiali isolanti.

Studio dei processi di degradazione di materiali isolanti per alte tensioni.

SENSORI E TRASDUTTORI

Docente: **Stefano Pirani** 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 resistitivi. 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.

SISTEMI ELETTRICI PER L'ENERGIA

Docente: **Carlo Alberto Nucci** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di fornire gli elementi alla base della progettazione, pianificazione e gestione dei sistemi elettrici di trasporto e distribuzione dell'energia elettrica. E 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 Insegnamenti.

Programma

Linee elettriche.

I parametri primari e secondari per unità di lunghezza: resistenza, induttanza di servizio, capacità di servizio, conduttanza. Caratteristiche costruttive delle linee aeree: condut-

tori a fascio; sostegni; funi di guardia. Linee in cavo: cenni ai tipi di cavo più impiegati. Le teoria delle linee elettriche in regime permanente: lo schema elettrico a parametri distribuiti; integrazione delle equazioni delle linee; onda diretta e onda riflessa; impedenza caratteristica e impedenza d'onda; costanti di attenuazione, di propagazione e di fase; velocità di propagazione; lunghezza d'onda; linee "quarto d'onda" e linee "mezz'onda"; potenza caratteristica e naturale. Calcolo elettrico delle grandi linee. La linea considerata come doppio bipolo; diagramma vettoriale della linea di Baum e Perrine; cenni ai diagrammi circolari delle potenze.

Studio dei flussi di potenza nelle reti (Load flow)

Analisi nodale della rete. Determinazione dei coefficienti della matrice delle ammettenze di rete. Il calcolo della ripartizione dei flussi di potenza: i metodi di soluzione 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.

Il regime del neutro nelle reti trifasi

Reti a media tensione con neutro isolato e con neutro a terra (attraverso resistenza o bobina di Petersen). Reti ad alta tensione. Fattore di guasto a terra.

Sovratensioni di origine esterna e interna

Tipi di sovratensioni (atmosferiche, di manovra, ...). Cenni alla fenomenologia della fulminazione. Sovratensioni da fulminazioni indirette. Propagazione e riflessione delle sovratensioni sulle linee. Protezioni preventive e repressive. Cenni al coordinamento degli isolamenti.

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.

Il cortocircuito e le conseguenze negli impianti. I regimi transitori (aperiodici) di c.c.. Richiamo sui circuiti equivalenti di sequenza degli elementi costituenti i sistemi elettrici (generatori, trasformatori, linee). Metodologie di calcolo delle correnti di cc in regime permanente in reti complesse per vari tipi di c.c. (trifasi, monofasi a terra, tra due fasi tra due fasi e terra). Sistemi rapidi e selettivi di protezione contro i c.c. per le linee e per i trasformatori. Cenni alle protezioni dei generatori sincroni trifase. Richiusura rapida degli interruttori.

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.

Regolazione della frequenza

La regolazione della frequenza primaria. Regolazione di una rete con centrale pilota (cenni). La regolazione della frequenza secondaria e la ripartizione del carico attivo tra le centrali di una rete. Regolazione frequenza-potenza per reti interconnesse.

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.

L'Insegnamento è integrato con alcuni cenni ai costi degli impianti e ai problemi di convenienza economica. 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 (calcolo delle correnti di corto circuito, calcolo della stabilità di trasmissione) sia al calcolatore (calcolo del load-flow di reti ad alta tensione) ed è di regola completato da una visita ad una grande sottostazione dell'ENEL, di cui in precedenza viene illustrato in dettaglio lo schema, nonché al Centro operativo distrettuale di controllo (COD) della rete di distribuzione dell'Emilia Romagna.

Per l'ammissione all'esame occorre avere svolto le esercitazioni al calcolatore.

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:

- N. FALETTI, P. CHIZZOLWI, *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 dalle lezioni del docente.

L'esame consiste di una prova scritta, superata la quale è possibile accedere alla prova orale.

STRUMENTAZIONE ELETTRONICA DI MISURADocente: **Domenico Mirri** prof. ass.*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.**TECNICA DELLE ALTE TENSIONI**Docente: **Giovanni Mazzanti** ric.

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.

(49) CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA**AERODINAMICA**Docente: **Giambattista Scarpi** prof. ord.

L'Insegnamento ha lo scopo di fornire le nozioni necessarie per comprendere i fenomeni inerenti 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 paletture di alcuni tipi di ventilatori, pompe e turbine.

Caratteristiche meccaniche e termodinamiche dei fluidi. Campi solari e campi vettoriali. Equazioni per lo studio del moto dei fluidi. Campi di moto irrotazionali (moti a potenziale). Moti piani irrotazionali di fluidi 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 subsoniche. Correti supersoniche. Espansione di Prandtl-Meyer. Le 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, CARRUTHERS, *Aerodynamics for engineering students*, Arnold.KUETHE, CHOW, *Foundation of aerodynamics*, Wiley.MATTIOLI, *Aerodinamica*, Levrotto e Bella.MILNE-THOMSON, *Theoretical aerodynamics*, Dover.*Propedeuticità consigliate: Meccanica dei fluidi.***ANALISI MATEMATICA I**Docenti: **Davide Guidetti** prof. ass. (A-S)**Giovanna Citti** prof. ass. (T-Z)

L'Insegnamento di analisi matematica, prima e seconda parte, è volto a colmare eventuali differenze nella preparazione matematica ricevuta dagli studenti nella scuola secondaria, ad abituare al ragionamento ipotetico-deduttivo ed a sviluppare quelle conoscenze di base dell'analisi matematica che sono ormai bene assestate ed appaiono sia utili strumenti sia necessarie conoscenze per qualunque ulteriore approfondimento si possa rendere necessario.

Numeri reali e complessi. Successioni e serie. Elementi di teoria degli insiemi. Funzioni reali di una variabile reale: limiti di funzioni, teorema sui limiti delle funzioni monotone, funzioni continue, teoremi di Bolzano, di Weisstrass, e di Heine Cantor. Calcolo differenziale per funzioni di una variabile reale: regole di derivazione, teorema del valor medio, massimi e minimi, teoremi di de l'Hospital, formula di Taylor. Definizione di integrale, teorema fondamentale del calcolo integrale, integrazione per parti e per sostituzione, integrazione delle funzioni razionali e di alcune classi di funzioni non razionali, integrale generalizzato.

Il Programma dettagliato sarà distribuito al termine delle lezioni.

Testi consigliati:

Appunti scritti dal Docente.

LANCONELLI-OBRECHT, *Esercizi di analisi I*, Ed. Pitagora.

G. GILARDI, *Analisi I*, McGraw-Hill.

I. CECCONI, G. STAMPACCHIA, L.C. PICCININI, *Esercizi e problemi di Analisi matematica*, vol. I, Liguori.

Esame: scritto e orale.

ANALISI MATEMATICA II

Docenti: **Enrico Obrecht** prof. ord.(A-S)

Giovanni Dore prof. straord. (T-Z)

Scopo dell'Insegnamento

Fornire gli strumenti analitici di base necessari nello studio delle discipline scientifiche e tecniche.

Limiti, continuità e calcolo differenziale per funzioni reali e vettoriali di più variabili reali. Estremi relativi liberi e vincolati di funzioni reali di più variabili. Funzioni implicite.

Successioni e serie di funzioni. Serie di potenze. Serie di Taylor.

Misura di Peano-Jordan in \mathbb{R}^n . Integrali multipli. Teoremi di riduzione e di cambiamento di variabili. Integrali multipli generalizzati. Integrali dipendenti da un parametro. Lunghezza di una curva in \mathbb{R}^n . Integrali curvilinei. Area di una superficie di \mathbb{R}^3 . Integrali di superficie. Teoremi di Green, Gauss e Stokes. Il problema di Cauchy per le equazioni differenziali ordinarie. Prolungabilità della soluzione locale. Equazioni e sistemi differenziali lineari. Sistemi differenziali lineari a coefficienti costanti.

Testi consigliati:

LANCONELLI-OBRECHT, *Teoria analisi II (vari fascicoli)*, Ed. Pitagora.

G. GILARDI, *Analisi II*, McGraw-Hill.

I. CECCONI, G. STAMPACCHIA, L.C. PICCININI, *Esercizi e problemi di Analisi matematica*, vol. II, Liguori.

Esame: scritto e orale.

ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI

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.

AZIONAMENTI ELETTRICI

Docente: **Francesco Profumo** prof. straord.

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.

CHIMICA

Docenti: **Andrea Munari** prof. ass. (49 A-O)

Giovanni Milani prof. ass. (49, P-Z)

L'Insegnamento si propone di introdurre le nozioni necessarie per la conoscenza della struttura atomica e molecolare della materia, in relazione alle proprietà chimiche e chimico-fisiche dei materiali e alle loro caratteristiche di utilità applicativo-tecnologiche. Vengono inoltre studiate le leggi fondamentali che governano la dinamica chimica. In particolare si intende dare allo studente la capacità di interpretare i fenomeni chimici che saranno argomento di corsi successivi.

La struttura atomica della materia.

Atomi e molecole. Pesi atomici relativi e assoluti. La mole ed il numero di Avogadro.

Il nucleo atomico.

I componenti del nucleo: protoni e neutroni. Il numero atomico e il numero di massa; gli isotopi. Nuclidi stabili e radionuclidi. La legge del decadimento radioattivo. Il difetto di massa: equivalenza massa-energia.

La struttura elettronica degli atomi.

Il modello atomico di Bohr. Il principio di indeterminazione di Heisenberg. Le onde di De Broglie. L'equazione di Schrodinger. Rappresentazione di un orbitale. Descrizione della struttura elettronica nello stato fondamentale dei principali elementi. La classificazione periodica degli elementi.

Il legame chimico.

Concetti di legame chimico e di energia di legame. Il legame ionico. La valenza ionica. Il legame covalente. Le formule di struttura. Molecole polari ed apolari. Il legame di coordinazione. Gli stati di valenza degli atomi. La teoria degli orbitali molecolari; applicazione alla molecola H_2 e a molecole biatomiche omonucleari. Il legame metallico: il modello a bande. Conduttori e isolanti. I semiconduttori e il loro drogaggio. I legami deboli: il legame a idrogeno; interazioni di Van der Waals.

Le reazioni chimiche.

L'equazione stechiometrica e il suo significato. Il numero di ossidazione e suo calcolo. Reazioni di ossidoriduzione e loro bilanciamento.

Gli stati di aggregazione della materia.

Lo stato gassoso: il modello del gas ideale e l'equazione di stato dei gas perfetti. I gas reali; il fattore di comprimibilità, l'equazione di Van der Waals. La temperatura critica. Lo stato liquido. Le soluzioni. La solubilità di un gas e di un solido in un liquido. Le soluzioni ideali: la legge di Raoult. Lo stato solido: solidi amorfi e solidi cristallini; il reticolo cristallino e la cella elementare.

Termodinamica.

Sistemi termodinamici e variabili di stato. Il primo principio; l'energia interna. L'entalpia. Il secondo principio della termodinamica. L'energia libera di Gibbs. Condizioni di equilibrio per una reazione chimica; l'isoterma di Van't Hoff. Calcolo del rendimento massimo di una reazione e della composizione all'equilibrio. Reazioni eterogenee. Equilibri ionici in soluzione. Soluzioni acide, neutre e basiche: il pH, Acidi e basi secondo Bronsted e Lowry. Le reazioni acido-base. La forza di un acido e quella della sua base coniugata. Calcolo del pH di soluzioni acquose. Cenni sulle soluzioni tampone. Acidi e basi di Lewis. Specie anfotere. Il prodotto di solubilità.

Equilibri fra fasi diverse.

La regola delle fasi. L'equazione di Clausius-Clapeyron; il diagramma di stato dell'acqua e quello di CO_2 . Le proprietà colligative delle soluzioni. Diagrammi di stato a due componenti. I diagrammi termici. La regola della leva. Equilibrio liquido-vapore: diagrammi isotermi e diagrammi isobari.

Elettrochimica.

I conduttori ionici od elettroliti. I potenziali elettrodi e loro origine. Le pile. L'elettrodo standard a idrogeno. L'equazione di Nernst. Le pile di concentrazione. Gli accumulatori al piombo. L'elettrolisi. Il processo di corrosione dei metalli e i diversi metodi di protezione.

Cinetica chimica.

La velocità di reazione e le sue diverse definizioni. L'equazione cinetica nella sua forma canonica. Meccanismi di reazione e moleolarità delle reazioni elementari. L'equilibrio chimico da un punto di vista cinetico. Effetto della temperatura sulla velocità di reazione. I catalizzatori: catalisi omogenea ed eterogenea.

Chimica organica.

Nomenclatura dei principali composti organici e cenni alle loro proprietà.

Testi consigliati:

- R.A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di Chimica per Ingegneria*, Ed. CEDAM, 1998.
 P. MANARESI, E. MARIANUCCI, *Problemi di Chimica per Ingegneria*, Ed. Esculapio, 1997.
 R.A. MICHELIN, M. MOZZON, A. MUNARI, *Test ed Esercizi di Chimica*, Ed. CEDAM, 1997.

Testi per consultazione:

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di Chimica*, Ed. UTET, 1976.

P. SILVESTRONI, *Fondamenti di chimica*, Masson, 1996.

Esame: orale.

CONTROLLI AUTOMATICI

Docente: **Gianni Bertoni** prof. ord.

Programma

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 correttive 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) PENATI M.E., G. BERTONI, *I sistemi di controllo*, Zanichelli, Bologna, 1989.
- 2) PENATI M.E., G. BERTONI, *Automazione e sistemi di controllo*, voll. I (1998) e II (1997), Esculapio, Bologna.
- 3) PENATI M.E., *Controlli automatici*, Esculapio, Bologna, 1996.

Esame: scritto e orale

Propedeuticità consigliate: Teoria dei sistemi, Elettrotecnica, Elettronica.

COSTRUZIONE DI MACCHINE

Docente: **Giorgio Bartolozzi** prof. ord.

Lo scopo dell'Insegnamento è quello di dare gli strumenti per l'effettuazione del calcolo e del dimensionamento degli organi delle macchine; premesse alcuni fondamenti sul comportamento meccanico dei materiali, sulla meccanica delle strutture e sulle metodologie di progettazione, si sviluppano i procedimenti di calcolo che permettono di determinare le dimensioni fondamentali dei vari organi delle macchine ed i criteri per il loro proporzionamento nelle varie condizioni di esercizio per giungere alla realizzazione del disegno costruttivo.

Parte prima - Principi di progettazione e costruzione delle macchine

Introduzione - Materiale e loro proprietà sotto sollecitazioni semplici (sollecitazioni statiche, effetto di intaglio, rottura fragile, meccanica delle fratture, fatica, deformazione plastica-tensioni residue, scorrimento viscoso) - Materiali e loro comportamento sotto sollecitazioni composte (richiami e fatica superficiale, corrosione), risultati della teoria di Hertz - Calcolo e dimensionamento degli elementi delle macchine (a resistenza statica e a fatica, limitando le deformazioni, limitando l'usura superficiale) - Criteri di progettazione (basati sulla riduzione di peso e sulla rigidità) - Metodi numerici e sperimentali nell'analisi delle sollecitazioni (metodo dell'elemento finito, metodo fotoelastico ed estensimetrico) - Complementi di analisi strutturale (analisi delle piastre circolari).

Parte seconda - Calcolo e progetto degli elementi delle macchine

Elementi a grande curvatura - Involucri in parete spessa (problemi di resistenza, tubi blindati e autoforzati) - Involucri in parete sottile (problemi di resistenza e di stabilità, cerni sui recipienti in pressione) - Dischi rotanti (anello sottile, disco di spessore costante, di uniforme resistenza, dimensionamento corona, metodi di calcolo numerico) - Organi per la trasmissione del moto rotatorio (assi, alberi, perni e cuscinetti a strisciamento e rotolamento, ingranaggi cilindrici e conici, giunti, innesti) - Collegamenti ed organi di collegamento (viti, chiavette longitudinali e trasversali, linguette e profili scanalati, chiodature, saldature) - Molle (di flessione e di torsione semplici e composte) - Organi dei manovellismi (spinotti, bielle, manovelle ed alberi a gomito).

Testi consigliati:

Materiale didattico fornito dal docente

GIOVANNOZZI R., *Costruzione di macchine*, vol. 1° e 2°, Pàtron, Bologna.

NIEMANN G., *Elementi di macchine*, vol. 1°, Springer-Est, Milano.

THOMAS CHARCHUT, *Ingranaggi*, Tecniche nuove, Milano.

PETERSON R.E., *Stress Concentration Factors*, Wiley, New York.

ROARK R.J., YOUNG W.C., *Formulas for Stress and Strain*, McGraw Hill Book Co., New York.

NUOVO COLOMBO, *Manuale dell'Ingegnere*, vol. 1° e 2°, Hoepli, Milano.

ORLOV P., *Fundamentals of Machine Design*, vol. 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, Mir Publishers, Moscow.

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 massima di gruppi meccanici. Metodologie di calcolo degli organi delle macchine. Tesi sperimentali su tematiche di ricerca.

Propedeuticità consigliate: Meccanica applicata alle macchine, Scienza delle costruzioni, Tecnologia meccanica.

COSTRUZIONE DI MACCHINE AUTOMATICHE E ROBOT

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 II

Docente: **Pier Gabriele Molari** prof. ord.

Il Docente intende approfondire, in accordo e discutendo il programma con gli Allievi, alcuni problemi tipici della Costruzione di macchine, sia per quanto riguarda l'analisi, sia per quanto riguarda la sintesi, anche alla luce degli strumenti di calcolo oggi largamente disponibili.

Un metodo didattico di impostazione di problemi concreti molto vicino alla professione dell'ingegnere costruttore, sia libero professionista, sia dipendente cercherà di rendere attiva la partecipazione degli allievi all'insegnamento.

Argomenti:

Dalla analisi alla sintesi nella costruzione delle macchine.

Complementi sul calcolo di stati deformativi e tensionali.

Campi tensionali e deformativi assialsimmetrici. Campi tensionali e deformativi in piastre e gusci. Elementi finiti.

Complementi sul calcolo a rottura sotto carichi variabili nel tempo.

Impostazione del calcolo a fatica. Normativa vigente.

Complementi sul calcolo a deformabilità eccessiva.

Il calcolo del campo di spostamenti in campo elastico in piccole e grandi deformazioni.

Normativa vigente.

Complementi sul calcolo a instabilità.

Il calcolo in campo elastico. Normativa vigente.

La sintesi nella costruzione delle macchine (il progetto).

Strumenti. Metodi

Prospettive di una integrazione fra ufficio tecnico e produzione.

Esercitazioni:

Il progetto di una semplice macchina.

La costruzione di semplici programmi di uso corrente per il calcolo e la sintesi delle macchine.

L'uso di programmi commerciali per il calcolo ed il disegno delle macchine.

La costruzione di programmi per l'integrazione U.T.U.P.

DINAMICA E CONTROLLO DELLE MACCHINE

Docente: **Piero Pelloni** prof. ord.

Nella prima parte dell'Insegnamento vengono illustrati, con riferimento ad alcune macchine a fluido che gli studenti già conoscono dai precedenti insegnamenti, i fenomeni transitori che si verificano a causa di variazioni di carico e vengono introdotti i concetti fondamentali della regolazione: errore, retroazione, anello di regolazione. Mediante esempi semplici ed intuitivi viene messa in evidenza la possibilità di instabilità del sistema di regolazione.

Nella seconda parte, vengono illustrati i metodi matematici elementari per lo studio del comportamento e l'analisi della stabilità e della precisione dei sistemi di regolazione e dei servosistemi (trasformata di Laplace, concetto di funzione di trasferimento, metodo del luogo delle radici).

La terza parte è dedicata alla applicazione dei metodi matematici elementari allo studio di alcuni sistemi di regolazione e servosistemi di particolare interesse per l'ingegnere meccanico (regolazione di macchine termiche, servocomandi idraulici ecc.).

Per poter seguire proficuamente l'insegnamento l'allievo deve essere in possesso delle nozioni fondamentali degli insegnamenti di Misure meccaniche, Macchine e Complementi di macchine.

DISEGNO DI MACCHINE

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. McELIGOTT, *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).

Propedeuticità 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 TECNICO INDUSTRIALE

Docente: **Luca Piancastelli** ric.

L'Insegnamento tratta le tecniche impiegate per descrivere le forme di un manufatto o per simulare processi di interesse per l'Ingegneria Meccanica, fornendo le basi necessarie per l'interpretazione e l'esecuzione del disegno. Una parte è dedicata alle metodologie classiche della rappresentazione partendo dal *disegno geometrico* ed esaminando le prin-

cipali *norme* da impiegare per la corretta rappresentazione di particolari e complessivi; un'altra parte è dedicata alle tecniche di *modellazione geometrica* che sono alla base dell'impiego degli elaboratori per la rappresentazione e la progettazione meccanica.

Strumenti per il disegno. Linee e scritturazioni unificate. Scelta formati e scale. *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 particolare. *Quotatura funzionale*. Influenza dei *metodi di produzione* sul disegno e della quotatura dei pezzi. Quotatura di *fabbricazione e controllo*. *Tolleranze dimensionali* e catene di quote con tolleranza. *Tolleranze geometriche*. *Qualità* delle superfici. *Materiali*. Prove di laborazione: trazione, resilienza, durezza (cenni relativi alle prove di fatica). Designazione e classificazione degli acciai, delle ghise, delle leghe di rame, alluminio, magnesio. Cenni ai materiali non metallici e ai compositi. Criteri per la scelta dei materiali. *Collegamenti* (filettature, collegamenti albero-mozzo, chiodature, saldature, collegamenti mediante incollaggio). *Articolazioni*. Guide al moto *rettilineo*. Guide al moto *rotatorio*. Sistemi di *lubrificazione*. *Trasmissioni meccaniche* (alberi, giunti, innesti, freni, trasmissioni mediante cinghie e pulegge, trasmissioni mediante catene a rulli e cinghie dentate, ruote di frizione, ruote dentate, coppia vite-madrevite, camme, biella-manovella). *Organi di tenuta*. Tenute statiche e dinamiche. Organi di convogliamento dei fluidi. *Profili e superfici aerodinamiche*. Eliche, palette, giranti. Carene. *Modelli geometrici* per sistemi C.A.D. Elementi di calcolo vettoriale e matriciale; trasformazioni geometriche.

Curve - Rappresentazione, implicita, esplicita e parametrica - Curve parametriche di tipo polinomiale - polinomiali cubiche (p.c.) - forme e coefficienti algebrici e geometrici - notazione matriciale - Spazio parametrico - Riparametrizzazione di una curva - suddivisione di una p.c. mediante riparametrizzazione - Costruzioni grafiche (dirette e inverse) - Costruzione classica di una conica e sua approssimazione con un arco di p.c. - Curve composte e continuità - Splines cubiche - Curve parametriche di Bernstein Bézier - B-Splines e loro funzioni base.

Superfici - forme implicita, esplicita e parametrica - Porzione (patch), di superficie parametrica - Spazio parametrico e reticolo delle isoparametriche - porzioni di superficie bicubica forma algebrica, rappresentazione geometrica, e loro significato; rappresentazioni matriciali delle varie forme - F-Patch - Vettore normale e sue componenti - superfici cilindriche e rigate - porzione di superficie bicubica di Bézier - superfici composte e condizioni per la continuità - Curve su superfici parametriche - famiglie e reticoli ortogonali e coniugati - Porzioni di superfici con contorni irregolari - cenni ai problemi di intersezione - proprietà analitiche e intrinseche.

Solidi - Schemi per la rappresentazione dei solidi: mediante geometria solida costruttiva (CSG), mediante le superfici di contorno (B-Rep), schemi enumerazione spaziale - Primitive solida parametriche e - Gestione delle informazioni topologiche geometriche - Tecniche di costruzione e di modifica di modelli solidi. Sistemi per la modellazione dei solidi loro vantaggi a aree applicative.

Visualizzazione - Rappresentazione di strutture e visualizzazione di campi nella progettazione. Tecniche di simulazione, ambienti virtuali e relative tematiche di rappresentazione. Cenni alla elaborazione delle immagini.

(Un programma più dettagliato ed il regolamento dell'insegnamento e dell'esame vengono forniti a lezione).

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.
 M. MORTENSON, *Modelli geometrici in computer graphics*, McGraw Hill Italia Srl.
 CONTI, *Disegno tecnologico*, vol. 1, 2, Ed. Pitagora, Bologna.

Esame: scritto e orale.

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

Docente: **Andrea Zanoni** prof. ord.

Obiettivo e contenuti dell'Insegnamento

Si vuole fornire le conoscenze necessarie per comprendere le variabili economico organizzative che influenzano la gestione dell'impresa.

Verranno pertanto introdotti i seguenti argomenti: il posizionamento competitivo, la formulazione delle strategie, le principali decisioni inerenti le attività di ricerca e sviluppo, marketing, produzione e gestione dei materiali. Si svilupperanno inoltre i principali strumenti economico-finanziari per l'analisi dei fenomeni e per le decisioni e gli elementi di base della progettazione organizzativa.

Gli argomenti di natura gestionale verranno svolti seguendo il filo logico della vita del prodotto: dal momento dell'ideazione a quello della commercializzazione.

Programma

L'Insegnamento si articola in tre parti:

1) Le decisioni gestionali

- Il settore industriale, definizione ed individuazione delle caratteristiche principali. L'analisi della concorrenza allargata. Le strategie competitive di base. La segmentazione del mercato e il posizionamento dell'impresa
- L'innovazione tecnologica e la gestione di ricerca e sviluppo
- Le variabili economiche del sistema produttivo e della gestione dei materiali
- La commercializzazione del prodotto e la definizione del marketing mix (prodotto, prezzo, comunicazione, distribuzione) Rappresentazione, analisi e valutazione dei dati economico-finanziari

2) 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

3) Rappresentazione, analisi e valutazione dei dati economico-finanziari

– Il bilancio dell'impresa (stato patrimoniale e conto economico). Criteri di riclassificazione dei dati di bilancio. Costruzione di indici per interpretare le situazioni economica, finanziaria e patrimoniale dell'impresa

– I costi: calcolo ed utilizzazione per le decisioni. Il punto di pareggio e il margine lordo di contribuzione. Introduzione al budget e al controllo di gestione

– Equivalenza finanziaria, attualizzazione e capitalizzazione. Analisi e valutazione degli investimenti

Testi consigliati

L. BRUSA, *L'amministrazione e il controllo*, Etaslibri, Milano, 1994.

BREALEY - MYERS - SANDRI, *Capital Budgeting*, McGraw-Hill, Milano, 1999 (solo i capp. 2-3-5-6-10).

H. MINTZBERG, *La progettazione dell'organizzazione aziendale*, Il Mulino, Bologna, 1985 (solo i primi 7 capitoli).

M. PORTER, *Il vantaggio competitivo*, Edizioni di Comunità, Milano, 1995 (solo i primi 2 capitoli).

M. RISPOLI, *L'impresa industriale*, Mulino, Bologna, 1984 (solo i capp. 4 e 7).

R. SCHMENNER, *Produzione*, Sole 24 ore, Milano, 1987 (solo cap. 7).

Gli studenti che, non potendo frequentare, dovessero incontrare difficoltà nello studio del bilancio, possono affrontare autonomamente tale tematica in:

R.N. ANTHONY, *Bilancio e analisi finanziaria*, McGraw-Hill, Milano, 1998.

Modalità d'esame

L'esame prevede una prova scritta (esercizio/i sulla terza parte del programma) e una prova orale le cui date verranno fissate in base al calendario della Facoltà e comunicate mediante affissione in bacheca presso il CIEG (Via Saragozza, 8) con congruo anticipo.

Per la prova scritta bisogna iscriversi in una lista esposta all'esterno del CIEG.

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.

ELETTRONICA APPLICATA I

Docente: **Eleonora Franchi Scarselli** ric.

Programma:

Elementi di fisica dei semiconduttori: elettroni e lacune, conducibilità elettrica.

Modello matematico dei dispositivi.

Giunzione pn. Analisi della caratteristica corrente/tensione in polarizzazione diretta ed inversa.

Comportamento in regime dinamico.

Il transistor MOS a canale n.

Analisi delle caratteristiche corrente/tensione.

Transistore MOS a canale p.

Invertitore CMOS: analisi della caratteristica statica. Regime dinamico.

Sistemi digitali. Elementi di logica booleana. Porte logiche elementari e loro realizzazione in tecnologia CMOS.

Reti combinatorie. Reti sequenziali sincrone e asincrone.

Circuiti bistabili. Flip-Flop D e realizzazione in tecnologia CMOS.

Cenni sul flusso di progetto assistito da calcolatore di sistemi digitali.

Testi consigliati:

J.M. RABAEY, *Digital Integrated Circuits: A Design Perspective*, NJ, Prentice Hall, 1996.

Esame: orale.

ELETTRONICA APPLICATA II

Docente: **Eleonora Franchi Scarselli** ric.

Programma:

Cenni sulla tecnologia planare del Silicio.

Metodologie di progetto di sistemi digitali *semi-custom* e *custom*. Dispositivi programmabili elettricamente (FPGA).

Progettazione strutturata *top-down*: descrizione dei livelli di astrazione. Flusso di progetto assistito da calcolatore. Esempi di utilizzo di strumenti di CAD.

Memorie a semiconduttore. Classificazione e organizzazione generale delle memorie.

Memorie non volatili (ROM, PROM, EPROM, EEPROM e FLASH), memorie a lettura/scrittura (SRAM e DRAM).

Circuiti per l'aritmetica computazionale.

Sommatori con riporto di vario tipo.

Moltiplicatori seriali e paralleli.

Conversione Analogica/Digitale e Digitale/ Analogica.

Testi consigliati:

J.M. RABAEY, *Digital Integrated Circuits: A Design Perspective*, NJ, Prentice Hall, 1996.

Esame: orale.

ELETTROTECNICA

Docente: **Raffaello Sacchetti** prof. ass.

Il criterio ispiratore dell'Insegnamento è l'approfondimento dei concetti e delle metodologie fondamentali riguardanti lo studio dei fenomeni elettromagnetici. Vengono in particolare evidenziati i più importanti procedimenti di calcolo dei circuiti elettrici e magnetici e viene affrontato lo studio delle macchine, con particolare riguardo ai trasformatori, alle macchine asincrone e in corrente continua, seguendo un'impostazione fondata su una logica unitaria di carattere generale. Sulla base della teoria, vengono trattate numerose questioni di considerevole interesse tecnico, fra le quali anche quelle relative agli impianti elettrici a media e a bassa tensione.

Equazioni fondamentali dell'elettromagnetismo - Elettrostatica - Elettromagnetismo stazionario: circuiti elettrici; circuiti magnetici lineari e non lineari - Elettromagnetismo quasi stazionario - Bilancio energetico dei sistemi elettromagnetici: calcolo di energie, forze e coppie - Transitorio dei circuiti elettrici - Correnti alternate: leggi di Ohm e di Kirchhoff simboliche; potenza attiva e reattiva; rifasamento; strumenti elettrodinamici di misura - Sistemi trifase: collegamenti a stella e a triangolo; misura delle potenze; sistemi trifase con neutro - Macchine elettriche: ipotesi di campo; perdite nel ferro - Trasformatore: equazioni; rete equivalente; funzionamento a vuoto e in cortocircuito; rendimento; trasformatori di misura; trasformatori trifase - Macchine rotanti in c.a.: nozioni costruttive; campi al traferro; f.e.m. indotta da un campo rotante - Macchine asincrone: equazioni; teorema di equivalenza; coppia; funzionamento da motore, generatore, freno; caratteristica meccanica; avviamento; rotorii a gabbia - Macchine sincrone - Macchine in c.c.: f.e.m. alle spazzole, equazioni; coppia; caratteristica esterna; dianmo autoeccitata; motori con eccitazione in parallelo e in serie; caratteristiche meccaniche; avviamento e regolazione di velocità - Impianti elettrici: sistemi di trasporto dell'energia; cadute di tensione in linea; riscaldamento dei conduttori; reti di distribuzione a media e bassa tensione; cabine; messa a terra; protezione contro gli infortuni.

Propedeutici all'insegnamento di Elettrotecnica sono i corsi di Analisi matematica e di Fisica II.

Testi consigliati:

- 1) F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica generale*, Ed. Pitagora, Bologna.
- 2) Dispense integrative redatte dal docente.

Le *esercitazioni* numeriche e di laboratorio costituiscono parte integrante dell'insegnamento.

Esame: articolato, di regola, in una prova scritta ed in una prova orale.

FISICA GENERALE I

Docenti: **Antonio Vitale** prof. ord. (A-O)
Stefano De Castro ric. (P-Z)

L'Insegnamento può dividersi, grosso modo, in tre parti: a) Calcolo vettoriale e cinetica, b) Dinamica, c) Termodinamica.

La prima parte ha essenzialmente lo scopo di creare una base comune di linguaggio e un momento di integrazione fra gli studenti che si iscrivono al primo anno provenendo da scuole dove hanno avuto esperienze anche molto diverse.

Le altre due parti, nell'ambito dei rispettivi argomenti, si propongono essenzialmente di illustrare e chiarificare alcuni concetti e principi fondamentali, discutendone il significato e la portata, mentre le applicazioni, in genere estremamente semplici, vengono presentate esclusivamente per indicare la metodologia di utilizzo dei concetti discussi. In altri termini, il Corso ha lo scopo di fornire agli studenti una certa padronanza di alcuni strumenti concettuali di base, il cui uso estensivo viene lasciato ai corsi più specialistici degli anni successivi.

a) Calcolo vettoriale e Cinematica.

Vettori liberi e applicati, loro proprietà e rappresentazioni. Operazioni con vettori. Cenni ai campi vettoriali. Gradiente. Cinematica del punto. Velocità. Accelerazione. Descrizioni del moto. Studio di particolari moti. Cinematica dei sistemi rigidi. Problemi di moto relativo.

b) Dinamica.

Concetto di forza e misura di forze. Principio d'inerzia e riferimenti inerziali. Il secondo principio e le sue conseguenze. Problemi di moto vincolato. Il terzo principio. Cenni di dinamica dei sistemi rigidi. Lavoro, energia e loro proprietà.

c) Termodinamica.

Temperatura e principio zero. Calore, lavoro e primo principio. Gas ideali. Il secondo principio. Irreversibilità. Entropia.

Testi consigliati:

P. VERONESI, E. FUSCHINI, *Fondamenti di meccanica classica*, Coop. Libr. Un. Bologna.
 M.W. ZEMANSKY, *Calore e termodinamica*, Zanichelli, Bologna.

Esame: scritto e orale.

FISICA GENERALE II

Docenti: **Massimo Capponi** prof. ord. (A-O)
Alessandro Gandolfi prof. ass. (P-Z)

Introduzione con *richiami sperimentali* delle leggi fisiche relative a Eletticità, Magnetismo, Onde, Ottica.

Fenomeni elettrici e magnetici statici.
 Fenomeni elettromagnetici dipendenti dal tempo.
 Descrizione matematica della propagazione per onde.
 Onde elettromagnetiche.
 Onde luminose in mezzi isotropi ed anisotropi.
 Interferenza.
 Diffrazione.

Testi consigliati:

ALONSO-FINN, *Elementi di Fisica per l'Università*, vol. II, Edizione Bilingue, Addison Wesley.

In parallelo all'insegnamento vengono tenute lezioni di "Problemi di Fisica generale II".

A seconda delle circostanze l'esame sarà preceduto da una prova scritta oppure problemi analoghi potranno essere discussi, tra le altre domande, all'esame orale.

Propedeuticità consigliate: Fisica I.

FISICA TECNICA

Docente: **Sandro Salvigni** prof. ord.

L'Insegnamento si propone di fornire i criteri con cui affrontare lo studio energetico delle macchine e dei sistemi sia esaminando le principali trasformazioni termodinamiche fra forme diverse di energia (termica e meccanica), sia fornendo gli elementi di base della Fluidodinamica e della Termocinetica necessari a comprendere i meccanismi di trasporto di alcune forme di energia.

Termodinamica - La termodinamica del sistema: impostazione del problema. Richiami sul primo e sul secondo principio della termodinamica per sistemi chiusi e sulle grandezze termodinamiche. Teorema dell'aumento dell'entropia. Funzioni disponibilità ed exergia (ψ). 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. Equazioni di Van der Waals. Legge degli stati corrispondenti. Gas reali. Diagramma entropico (T, s). Diagramma entalpico (h, s). Diagramma pressione entalpia (p, h). Diagramma temperatura entalpia (T, h). Miscele di gas perfetti. Miscele di gas reali. Miscele di gas e vapori. Miscele di aria e vapor d'acqua. Diagrammi (J, x). Misura del grado igrometrico. Sistema aperto. Bilancio delle masse. Il primo principio della termodinamica per sistemi aperti. Osservazioni ed applicazioni. Il bilancio dell'energia meccanica. Il secondo principio e il sistema aperto.

Fluidodinamica - Elementi di fluidodinamica: generalità. Aspetti fisici del moto di un fluido. Viscosità. Equazioni fondamentali del moto isoterma. Moto laminare. Turbolenza.

Strato limite dinamico. Equazioni integrali. Perdite di carico. Condotte nelle quali sono inserite macchine (*). Regione di ingresso. Moto in condotti a sezione variabile. Misure di velocità e portata.

Termocinetica - La legge di Fourier. L'equazione di Fourier. Conduzione stazionaria. Conduzione in regime variabile. Conduzione con generazione di calore: cenni. Conduzione in mezzi anisotropi: cenni. Analogia elettrica. Proprietà termofisiche. La convezione: generalità. Equazioni fondamentali del moto non isoterma. Convezione forzata in regime laminare. Analisi dimensionale. Similitudine. Strato limite termico. Convezione forzata: casi particolari. Metalli liquidi: cenni. Convezione nei fluidi eterogenei: cenni. L'irraggiamento: generalità. Definizioni. Le leggi dell'irraggiamento. Scambio di energia tra superfici infinite. Scambio di energia tra superfici finite. La contemporanea presenza di diverse modalità di scambio: generalità. Convezione ed irraggiamento. Coefficiente globale di scambio termico. Superfici alettate.

N.B. Gli argomenti contrassegnati da (*) sono reperibili in fotocopie disponibili presso l'Istituto di Fisica Tecnica, mentre per la rimanente parte del programma si fa riferimento al volume del Prof. A. COCCHI della libreria Ed. Petroni.

Lo svolgimento dell'Insegnamento è accompagnato da un elevato numero di *esercitazioni* aventi come oggetto applicazioni delle nozioni di base fornite dall'insegnamento stesso.

Per quanto si riferisce alle esercitazioni si consigliano, oltre al sopraindicato volume, i seguenti testi: , nn. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, Libreria Ed. Petroni.

L'*esame* consiste in un colloquio su tre temi distinti e relativi alla Termodinamica, alla Fluidodinamica ed alla Termocinetica: i temi possono essere sia di carattere strettamente teorico sia applicativo, con riferimento alle applicazioni illustrate durante le esercitazioni.

Indirizzo delle tesi di laurea

- Ricerca di base in approfondimento agli argomenti teorici svolti durante l'insegnamento.
- Indirizzo applicativo nel campo dell'acustica e della progettazione termotecnica.

FONDAMENTI DI INFORMATICA

Docenti: **Jorge E. Fernández** ric.

Anna Ciampolini ric.

Scopo dell'Insegnamento:

- Fornire uno strumento di approccio logico alla risoluzione di problemi.
- Mettere a disposizione un linguaggio di programmazione (il FORTRAN 77) per la traduzione degli algoritmi di risoluzione in programmi per il calcolatore.
- Analizzare i problemi di calcolo numerico di maggior interesse ed approfondire gli algoritmi che li risolvono.
- Elementi di programmazione: Struttura generale di un calcolatore elettronico. Metodo per l'analisi di un problema. Definizione, 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.

Elementi di calcolo numerico. Interpolazione (metodo polinomiale, delle differenze divise, di Lagrange, dei minimi quadrati). Zeri di un polinomio. Zeri di una funzione (metodo di bisezione, delle tangenti, della falsa posizione, delle corde). 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). Differenziazione numerica. Calcolo degli integrali (metodo dei trapezi, di Simpson, di Gauss-Legendre, di Monte Carlo). Integrazione di equazioni differenziali alle derivate ordinarie (metodo di Eulero, di Eulero modificato, di Runge-Kutta).

Le lezioni vengono integrate con una serie di *esercitazioni pratiche* con il calcolatore.

Testi obbligatori:

G. AGUZZI, M.G. GASPARO, M. MACCONI, *FORTRAN 77. Uno strumento per il calcolo scientifico*, Pitagora Editrice, Bologna.

C. MONEGATO, *Fondamenti di Calcolo Numerico*, Levrottoe Bella, Torino.

Testi integrativi:

Per gli studenti interessati ad approfondire gli argomenti di calcolo numerico in un ambiente FORTRAN si consiglia la consultazione del testo:

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.

Altri testi consigliati per approfondire argomenti di programmazione sono:

N. WIRTH, *Algorithms + Data Structures = Programs*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1976.

R. SEDGEWICK, *Algorithms*, Addison-Wesley, Reading, 1984.

Modalità d'esame:

L'esame è composto di una prova scritta, consistente nello sviluppo di un programma FORTRAN su uno degli algoritmi studiati durante l'insegnamento con verifica di esecuzione sul calcolatore, e di una interrogazione orale sugli argomenti dell'insegnamento.

GEOMETRIA E ALGEBRA

Docenti: **Flavio Bonetti** prof. ass. (A-O)

Luciano Gualandri ric. (P-Z)

Programma

Gruppi, anelli e campi. Calcolo matriciale e sistemi lineari. Spazi vettoriali con particolare riguardo a K^n . Trasformazioni lineari ed endomorfismi diagonalizzabili. Forme

bilineari e forme quadratiche reali. Geometria analitica proiettiva, affine ed euclidea. Quadratiche negli spazi proiettivi, affini ed euclidei con particolare riguardo ai casi del piano e dello spazio.

Testi consigliati:

- M. BARNABEL, F. BONETTI, *Sistemi lineari e matrici*, Pitagora, Bologna, 1992.
 M. BARNABEL, F. BONETTI, *Spazi vettoriali e trasformazioni lineari*, Pitagora, Bologna, 1993.
 M. BARNABEL, F. BONETTI, *Matrici simmetriche e forme quadratiche*, Pitagora, Bologna, 1994.
 M. BARNABEL, F. BONETTI, *Matematica discreta elementare*, Pitagora, Bologna, 1995.
 M. BARNABEL, F. BONETTI, *Geometria lineare*, Pitagora, Bologna, 1992.

L'esame è costituito da una prova scritta e da una prova orale.

IMPIANTI INDUSTRIALI

Docente: **Arrigo Pareschi** prof. ord.

L'Insegnamento si propone di fornire i criteri generali, ed i corrispondenti metodi matematici per le relative decisioni impiantistiche, che presiedono alla scelta, alla progettazione, ed alla realizzazione degli impianti industriali.

Esso si articola nelle seguenti parti:

1. Criteri generali di scelta degli impianti meccanici

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 della iniziativa.

2. Progettazione e realizzazione degli impianti meccanici

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. Gestione degli impianti industriali meccanici

Criteri e tecniche di pianificazione e controllo della produzione (MRP, JIT). La gestione dei materiali e dei magazzini. Tipi di manutenzione: preventiva, predittiva, a guasto. Politiche di manutenzione.

4. 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, trasloelevatori, etc...). La fabbrica come sistema integrato di produzione (CIM).

Testo consigliato:

A. PARESCI, *Impianti industriali*, Esculapio Progetto Leonardo, Bologna, 1994.

Esame: scritto e orale.

IMPIANTI MECCANICI

Docente: **Sergio Fabbri** prof. ord.

L'Insegnamento si propone di fornire i criteri generali della progettazione tecnica ed economica degli impianti meccanici, con riferimento ai relativi processi produttivi, considerandoli come sistemi organici di più impianti elementari e ricorrenti, dei quali vengono trattati principi teorici, schemi generali, adozione dei componenti, metodi di progettazione ed ottimizzazione, norme e regolamenti.

Esaminati gli impianti per la movimentazione dei fluidi ed i relativi componenti, quali pompe, tubazioni, accessori varie e protezioni, si passa alla trattazione degli impianti di approvvigionamento, trattamento e distribuzione delle acque. Si considerano quindi gli impianti per il servizio dei combustibili e quelli per la depurazione degli scarichi industriali. Lo studio prosegue con gli impianti destinati allo sviluppo, al trasporto ed allo scambio di energia termica, fornendo i criteri di scelta dei generatori e gli scambiatori di calore, nonché i metodi di progettazione delle condotte. In questo ambito si considerano in particolare gli impianti frigoriferi, quelli di condizionamento e di riscaldamento ambientale, nonché gli impianti di evaporazione ed essiccamento, i forni industriali e di incenerimento. Per quanto riguarda la produzione di energia si esaminano in particolare gli impianti a gas, quelli a vapore a condensazione e a ricupero (per la produzione combinata di energia elettrica e termica in dipendenza di vari processi industriali), ed i gruppi con i motori a combustione interna, facendo nel contempo un cenno ai problemi della trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica e meccanica (mediante aria compressa ed olio in pressione). La trattazione degli impianti per il trasporto, sia meccanico che pneumatico, e l'accumulo dei materiali solidi completa l'insegnamento.

Testi consigliati:

S. FABBRI, *Impianti meccanici*, Ed. Pàtron, Bologna.

S. FABBRI, *Elementi di impiantistica meccanica - Aria ed acqua*, Ed. Pitagora, Bologna.

Esame: scritto e orale.

Propedeuticità consigliate: Fisica Tecnica, Meccanica applicata, Macchine, Complementi di macchine, Chimica applicata, Idraulica, Elettrotecnica, Misure meccaniche.

IMPIANTI SPECIALI

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 (fotovoltaico, celle a combustibile 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.

Testo consigliato:

M. GENTILINI, *Elementi di Energetica*, Ed. Esculapio, Progetto Leonardo, Bologna, 1992.

Esame: L'esame consta di una prova orale.

INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME (vedi 51)

INTERAZIONE FRA MACCHINE E AMBIENTE (vedi 51)

LOGISTICA INDUSTRIALE

Docente: **Arrigo Pareschi** prof. ord.

L'Insegnamento, obbligatorio per l'indirizzo "Automazione industriale e robotica", si propone di fornire i criteri generali e i metodi quantitativi che presiedono alla scelta, alla progettazione ed alla gestione dei sistemi automatici di fabbricazione, assemblaggio, movimentazione e stoccaggio dei materiali della moderna fabbrica flessibile.

1. La logistica industriale come automazione dei flussi fisici e dei flussi informativi nell'industria manifatturiera e di processo.
2. Automazione flessibile del processo produttivo come risposta alle variazioni del mercato.
3. Automazione delle attività di produzione (di fabbricazione e di assemblaggio) e del flusso dei materiali. - Sistemi automatici e flessibili di fabbricazione (FMS), celle e linee

robotizzate. - Sistemi automatici e flessibili di assemblaggio (FAS), sistemi robotizzati, stazioni di collaudo automatico. - Automazione del flusso dei materiali (movimentazioni e confezionamento). - Sistemi automatici di trasporto interno (sistemi AGV con carrelli filoguidati o navette su rotaia). - Problematiche di controllo e sicurezza nei sistemi di trasporto AGV - Automazione dei magazzini mediante l'impiego di mezzi automatici di stoccaggio (trasloelevatori).

4. Automazione dei flussi informativi. - Controllo automatico del processo produttivo. - Funzioni fondamentali di controllo di FMS, FAS, e sistemi AGV. - Gestione automatica dei magazzini. - Approvvigionamento e gestione automatica del materiale mediante il metodo MRP e tecniche giapponesi JIT. - Tecniche automatiche di pianificazione, programmazione e controllo della produzione.

5. Integrazione gestionale del sistema produttivo (CIM).

6. Sicurezza dei sistemi logistici automatizzati.

7. Valutazione della convenienza economica di investimenti nel campo dell'automazione logistica dei sistemi produttivi.

8. Linee di tendenza dell'automazione nei sistemi produttivi.

Testi consigliati:

Dispense redatte dal docente.

A. PARESCHI, *Impianti industriali*, Esculapio, Progetto Leonardo, Bologna, 1994.

M. BOARIO, M. DE MARTINI, E. DI MEO, G.M. GROS-PIETRO, *Manuale di Logistica*, UTET, Torino, 1992, voll. 1-2-3.

J. MORTIMER, *Logistica in manufacturing*, Ed. IFS Ltd, UK/Springer Verlag, 1988.

R.H. HOLLIER, *Automated guided vehicle systems*, IFS (Publications) Ltd., Bedford (UK), 1987.

R.J. TERSINE, *Principles of inventory and materials management*, Ed. North-Holland, 1982.

C.A. VOSS, *Just-in-time manufacture*, Ed. IFS Ltd., UK/Springer Verlag, 1987.

R. HALL, *Obiettivo: scorte zero*, Ed. ISEDI, Milano, 1986.

Y. MONDEN, *Produzione Just-in-time*, Ed. ISEDI, Milano, 1986.

D. DEL MAR, *Operations and industrial management*, McGraw-Hill, 1985.

R.J. TERSINE, *Production/operations management*, North Holland, New York, 1985.

A. BRANDOLESE, A. POZZETTI, A. SIANESI, *Gestione della produzione industriale*, Hoepli, Milano, 1991.

E. MASTURZI, *Organizzazione e gestione della produzione industriale*, Liguori Editore, 1990.

A. MONTE, *Elementi di Impianti Industriali*, Edizioni Libreria Cortina, Torino, 1982, voll. 1-2.

Esame: scritto e orale.

Indirizzo della tesi di Laurea: applicativo-progettuale o di ricerca su tematiche della logistica dei sistemi produttivi.

MACCHINE I

Docente: **Giorgio Negri di Montenegro** 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.

MACCHINE II

Docente: **Giorgio Minelli** prof. ord.

Oggetto dell'Insegnamento è lo studio dei motori a combustione interna (alternativi e turbogas) 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 fluidodinamico.

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) e delle pompe centrifughe e volumetriche. Le curve caratteristiche. La similitudine nelle macchine idrauliche. I problemi di cavitazione. I recuperi energetici con turbine idrauliche: le miniturbine e le macchine reversibili.

Motori a combustione interna: generalità, cicli ideali e reali, studio teorico e criteri di proporzionamento dei motori alternativi. Combustione e condizioni di limite di funzionamento nei motori ad accensione per compressione e comandata. La sovralimentazione. Limiti progettuali derivati dal contenimento delle emissioni allo scarico.

Cicli delle turbine a gas con e senza recupero, aperti e chiusi. Studio teorico e confronti anche in relazione agli specifici impieghi. Le turbine a gas per impiego aeronautico.

Testi consigliati:

- 1) G. MINELLI, *Macchine idrauliche*, Pitagora.
- 2) G. MINELLI, *Turbine a gas*, Pitagora.

- 3) G. MINELLI, *Motori endotermici alternativi*, Pitagora.
- 4) D. GIACOSA, *Motori endotermici*, Hoepli.
- 5) C.F. TAYLOR, *The Internal Combustion Engine*, Wiley.
- 6) M.J. ZUCROW, *Aircraft and Missile Propulsion*, vol. I, Wiley.
- 7) L. VIVIER, *Turbines Hydrauliques*, Albin Ed.

L'esame è costituito da una prova orale.

Propedeuticità consigliate: Fisica tecnica, Idraulica, Macchine.

Indirizzo delle tesi di laurea:

- 1) Dimensionamento termofluidodinamico di macchine e di loro componenti.
- 2) Sperimentazioni su macchine e su loro componenti.

MACCHINE UTENSILI

Docente: **Orio Zurlo** prof. ass.

L'Insegnamento si prefigge lo scopo di fornire agli allievi ingegneri meccanici una conoscenza, per quanto possibile critica, dei principali processi ad asportazione di truciolo impiegati nella prassi industriale.

Particolare attenzione è riservata alla discussione dei criteri che consentono di stabilire una sequenza logica delle operazioni e delle fasi di lavorazione necessarie per trasformare un grezzo, o un semilavorato, in un prodotto finito.

Una breve introduzione mette in rilievo quali sono i principali componenti che costituiscono il sistema Macchina utensile e l'inserimento di questa nel processo produttivo.

Segue un esame teorico-pratico del meccanismo del taglio dei metalli con utensili a punta singola in taglio libero ed ortogonale (o bidimensionale) e l'influenza su di esso delle variabili tecnologiche. Viene successivamente indicato il procedimento per estendere i risultati precedenti a condizioni di taglio tridimensionale (od obliquo) con esempio di applicazione al caso della tornitura.

Questa prima parte si conclude con l'analisi delle caratteristiche dei principali materiali per utensili, delle caratteristiche di taglio e della loro scelta in base a criteri tecnico-economici.

Nella seconda parte dell'insegnamento vengono trattate le macchine utensili convenzionali, gli utensili in esse impiegati e le lavorazioni da esse effettuabili.

A completamento di questa parte si affronta lo studio delle attrezzature di montaggio e di lavoro, dei loro principali componenti e dei comandi meccanici, oleodinamici ed elettrici delle macchine utensili.

La terza parte dell'Insegnamento è dedicata all'analisi dei sistemi produttivi più recenti quali Macchine Utensili a controllo numerico, centri di lavorazione, sistemi di lavorazione integrati flessibili.

Le nozioni propedeutiche necessarie riguardano argomenti trattati nei corsi di Tecnologia Meccanica e Meccanica Applicata alle Macchine.

Testi consigliati e reperibili presso la biblioteca di Facoltà:

E. FUNAIOLI, *Lezioni di Macchine Utensili*, Ed. Cooperativa Libreria Universitaria Bologna.
 O. ZURLA, *Appunti di macchine utensili*, Ed. Cooperativa Libreria Universitaria Bologna.
 Dispense approvate dal docente.
 Appunti integrativi distribuiti dal docente.

Testi di consultazione:

A. ANDRISANO, W. GRILLI, *Esercitazioni di macchine utensili*, Ed. Pitagora, Bologna, 1981.
 F. GRIMALDI, *CNC Macchine utensili a Controllo Numerico*, Ed. V. Hoepli, Milano, 1994.
 G.F. MICHELETTI, *Tecnologia Meccanica*, voll. 1 e 2, Ed. UTET, Torino, 1979.
 M. FLEGO, *L'Impiego del Controllo Numerico nella Produzione Meccanica*, Ed. F. Angeli, Milano.
 G. HENRIOT, *Ingranaggi*, vol. 2°, Ed. Tecniche Nuove, Milano.
 MILTON C. SHAW, *Metal Cutting Principles*, Clarendon Press, Oxford, 1989.
 UNI M₃, *Norme per gli utensili che lavorano con asportazione di truciolo*.

L'esame consiste in una prova scritta articolata in quattro domande ad ognuna delle quali verrà valutata in/30.

Una di queste prove concerne abitualmente la stesura di un ciclo di lavorazione secondo modalità precisate nel testo, le altre tre sono relative ad argomenti oggetto del programma d'esame.

Le esercitazioni sono orientate al completamento e all'approfondimento degli argomenti svolti durante l'insegnamento.

L'indirizzo delle tesi di laurea è prevalentemente applicativo, con particolare riferimento all'analisi dei sistemi produttivi e alla progettazione di attrezzature, macchine, o parti di esse, impiegate nelle lavorazioni ad asportazione di truciolo.

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

Docente: **Umberto Meneghetti** prof. ord.

L'Insegnamento fornisce agli allievi i concetti ed i metodi per la progettazione funzionale delle macchine e per l'analisi dei problemi connessi con il loro impiego.

1. *Introduzione*. a) Coppie cinematiche. Gradi di libertà. Meccanismi a più gradi di libertà. b) Regime assoluto e regime periodico. Rendimento meccanico. Moto retrogrado. c) Scelta del motore in base alla potenza. Caratteristica meccanica delle macchine motrici ed operatrici. Accoppiamento motore-utilizzatore.

2. *Tribologia*. a) Attrito di strisciamento. Teoria elementare dell'attrito. Coppia prismatica. Coppia retoidale. Coppia elicoidale. Distribuzione della pressione di contatto. Freni e innesti ad attrito. b) Risultati della teoria di Hertz. Attrito di rotolamento. Cuscinetti a rotolamento. Ruote. Equilibrio di un veicolo. c) Usura e sue leggi. d) Lubrificazione.

Teoria elementare della lubrificazione idrodinamica. Equazione di Reynolds. Meato limitata da pareti piane. Applicazioni tecniche. Coppia rotoidale lubrificata. Cenni sulla lubrificazione elastoidrodinamica. Lubrificazione fluidostatica.

3. *Teoria dei meccanismi*. a) Sistemi articolati piani: analisi e sintesi cinematica; analisi cinetostatica; esempi ed applicazioni. b) Sistemi articolari spaziali: analisi cinematica dei sistemi articolati in catena aperta per manipolatori di robot. Giunto di Cardano. c) Ruote dentate. Le ruote dentate cilindriche: dentature ad evolvente; proporzionamento modulare; modalità di ingranamento e ripartizione del carico; rendimento meccanico; cenni sul taglio delle ruote dentate; dentature corrette. Ruote a denti elicoidali. Ruote dentate coniche. Coppia vite-ruota elicoidale. d) Rotismi: scelta e calcolo del rapporto di trasmissione; relazioni fra i momenti; rotismi differenziali. e) Organi flessibili. Impiego degli organi flessibili nelle macchine di sollevamento. Trasmissione del moto con cinghie piate e trapezoidali. Freni a nastro.

4. *Dinamica delle macchine e meccanica delle vibrazioni*. a) Calcolo delle azioni d'inerzia e loro bilanciamento. b) Transitori meccanici. Transitori di avviamento e di arresto. Grado di irregolarità e calcolo del volano. c) Vibrazioni libere e forzate di sistemi a un g.d.l. Sospensioni. d) Sistemi a due g.d.l. Sistemi a molti g.d.l. Autovalori e autovettori. Analisi modale. e) Vibrazioni di aste e travi. f) Severità di vibrazione delle macchine. Manutenzione, monitoraggio e diagnostica industriale. g) Dinamica dei rotori. Squilibrio statico e squilibrio dinamico. Bilanciamento. Velocità critiche flessionali. Velocità critiche torsionali.

Testo consigliato:

E. FUNAIOLI, A. MAGGIORE, U. MENEGHETTI, *Lezioni di Meccanica applicata alle macchine*, Pàtron, Bologna, voll. 1 e 2.

Propedeuticità: Meccanica razionale.

L'esame è costituito da una prova orale.

Le *esercitazioni*, che si svolgono parallelamente all'insegnamento, o trattano, esemplificandoli, argomenti dell'insegnamento, o completano argomenti importanti che nell'insegnamento possono essere solamente introdotti. La materia trattata dalle esercitazioni è materia di esame.

MECCANICA DEI FLUIDI

Docente: **Alberto Lamberti** prof. ord.

L'insegnamento ha lo scopo di impartire le nozioni fondamentali necessarie per affrontare vari problemi di meccanica dei liquidi, che possono avere importanza nell'esercizio di ogni ramo dell'ingegneria.

Nell'insegnamento si impartiscono alla fine di utilizzazioni pratiche, le nozioni di meccanica tecnica dei liquidi.

Invarianza delle grandezze fisiche rispetto al riferimento: scalari, vettori e tensori.

Invarianza rispetto al sistema di misura.

Lemma di Green, teorema della divergenza e teorema del rotore.

Statica dei fluidi, equazioni di equilibrio, tensore degli sforzi. Leggi di Stevin, di Pascal e di Archimede. Forze esercitate da liquidi in quiete su superfici, statica dei galleggianti.

Cinematica di un mezzo continuo deformabile, descrizione Lagrangiana ed Euleriana, rappresentazione Euleriana della derivata totale. Traiettorie, linee di corrente, linee di fumo; vorticità; moti irrotazionali e potenziale di velocità.

Teorema del trasporto. Equazioni cardinali del moto e di continuità.

Equazioni costitutive, modelli reologici dei fluidi reali. Fluido perfetto e barotropico. Fluidi viscosi Newtoniani e non Newtoniani.

Dinamica dei fluidi perfetti e barotropici. Equazioni di Euler. Teoremi di Bernoulli e Hemholtz. Equazioni di Navier-Stokes.

Correnti gradualmente variate. Azioni dinamiche di una corrente su superfici solide fisse e mobili. Perdite di carico. Foronomia. Azione della corrente sui condotti. Principi di funzionamento delle macchine idrauliche; turbina Pelton, macchine a reazione, pompa centrifuga.

Resistenza al moto in moto uniforme. Moto turbolento. Equazioni del moto medio per un flusso turbolento. Modelli della turbolenza. Distribuzione logaritmica delle velocità, esperienze di Nikuradse ed analisi dimensionale. Formula di Colebrook e formule empiriche.

Problemi di verifica per le reti di condotte. Descrizione del comportamento ed analisi di casi emblematici: circuiti semplici, reti di condotte, sifoni, impianti con pompe e turbine.

Problemi di progetto per le reti di condotte. Reti di condotte ed impianti prementi di costo minimo.

Moto vario nelle condotte. Oscillazioni di massa e colpo d'ariete. Manovre in condotte di derivazione da serbatoi ed in impianti prementi. Oscillazioni di massa: pozzo piezometrico, cassa d'aria.

Correnti a pelo libero. Carico specifico, spinta totale, corrente critica. Risalto idraulico. Stramazzi, canale Venturi, singolarità nel canale. Progetto di canali in moto uniforme. Misure di velocità e portata, scala di deflusso.

Moto vario nelle correnti a pelo libero. Teoria delle caratteristiche. Domini di influenza e dipendenza. Esempi, crollo di una diga, formazione e velocità di propagazione di un eventuale risalto. Onde di piena.

Analogia e corrispondenza terminologica fra correnti a pelo libero e correnti intubate di fluidi comprimibili.

Moto di un fluido attorno ad un corpo. Cenni di teoria della portanza. Strato limite e resistenza di attrito, distacco di vena e resistenza di scia.

Testi consigliati:

E. MARCHI & A. RUBATTA, *Meccanica dei Fluidi*, Ed. Hoepli.

A. GHETTI, *Idraulica*, Ed. Cortina, Padova.

STREETER, *Fluid mechanics*, McGraw Hill student Ed.

PH. M. GERHART & R.J. GROSS, *Fundamentals of fluid mechanics*, Addison Wesley Ed.

Esercitazioni e verifiche infra-annuali

Durante l'anno verrà svolto un corso di esercitazioni ed alcune verifiche infra-annuali. Le verifiche consistono nello svolgimento di esercizi in forma scritta che saranno poi corretti in aula. Il raggiungimento della sufficienza in tutte le prove e la presentazione di un quaderno contenente tutti gli esercizi correttamente svolti, costituisce titolo per il giudizio finale d'esame.

Esami orali.

Tesi di laurea: Problemi di interazione fra correnti e mezzi granulari.

MECCANICA DEI ROBOT

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 robotizzato. 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 DELLE VIBRAZIONI

Docente: **Umberto Meneghetti** prof. ord.

L'Insegnamento si propone di introdurre l'allievo allo studio dei problemi di interesse tecnico connessi con le vibrazioni meccaniche. In particolare, vengono prima trattati la modellazione dei sistemi meccanici e i metodi sperimentali per l'analisi delle vibrazioni, e successivamente ne vengono illustrate le principali applicazioni tecniche.

1. Sistemi discreti

Sistemi smorzati ad un solo g.d.l. Risposta di un sistema del primo e del secondo ordine. Funzione risposta in frequenza. Risonanze. Determinazione dello smorzamento. Metodi di Rayleigh.

Sistemi a due g.d.l. Vibrazioni libere. Scrittura matriciale delle equazioni del moto. Considerazioni sulle matrici massa e rigidità. Vibrazioni forzate. Smorzatore dinamico.

Sistemi a molti g.d.l. Vibrazioni libere. Scrittura delle equazioni del moto. matrice massa e matrice rigidità. Autovalori e autovettori. Ortogonalità dei modi propri.

Analisi modale. Disaccoppiamento delle equazioni del moto. Analisi modale. Vibrazioni forzate di sistemi non smorzati. Sistemi smorzati. Smorzamento proporzionale.

2. Sistemi continui

Vibrazioni nei sistemi continui. La corda vibrante. Vibrazioni longitudinali, torsionali e flessionali di aste e travi. Metodo di Ritz. Vibrazioni delle membrane.

Modellazione. Modelli e parametri concentrati di sistemi continui.

3. Misure di vibrazioni

La catena di misura. L'accelerometro piezoelettrico. Altri componenti della catena. Il convertitore analogico-digitale. Quantizzazione. Aliasing. Errore di dispersione.

Analisi del segnale. Analisi nel dominio del tempo, delle ampiezze, della frequenza. La trasformata di Fourier. Applicazioni.

4. Monitoraggio e diagnostica

Severità di vibrazione

Monitoraggio e diagnostica industriale.

5. Analisi modale

Metodologia e scopi. La funzione Risposta in Frequenza. Rilievo delle FRF. Determinazione dei parametri modali. Applicazioni.

6. Complementi ed applicazioni

Il metodo degli elementi finiti. Effetti delle vibrazioni sull'uomo. Modellazione e analisi cinetoelestatica di meccanismi. Identificazione. Sospensioni. Dinamica dei rotori.

MECCANICA RAZIONALE

Docenti: **Barbara Lazzari** prof. ass. (A-S)

Mauro Fabrizio prof. ord. (T-Z)

Cenni di calcolo vettoriale.

Vettori Applicati. Momento polare ed assiale di un vettore applicato. Equivalenza fra sistemi di vettori applicati. Sistemi di vettori applicati piani. Sistemi di vettori applicati paralleli. Centro.

Cinematica del punto. Spazio e tempo. Moto del punto, velocità di accelerazione. Moti piani. Moti in coordinate polari. Velocità areale. Moti centrali. Moto circolare ed uniforme. Moto armonico. Moto elicoidale.

Cinematica dei sistemi materiali. Vincoli e sistemi olonomi. Cinematica dei sistemi ri-

gidi. Angoli di Eulero. Moto ed atto di moto traslatorio, rotatorio, elicoidale; Teorema di Mozzi.

Cinematica dei moti relativi. Composizione delle velocità, delle accelerazioni e delle velocità angolari.

Moti rigidi piani. Centro di istantanea rotazione, base e rulletta. Distribuzione delle accelerazioni nei moti rigidi piani.

Statica e dinamica del punto. Massa e forza. Statica e dinamica del punto materiale libero. Sistema Dinamico, causalità e determinismo. Sistemi regolari. Forze costitutive come sistema dinamico. Forza peso. Teorema delle forze vive. Principio di dissipazione dell'Energia Meccanica. Forze conservative. Integrali primi Moto dei gravi. Deviazione dei gravi in caduta. Moto armonico e moto armonico smorzato. Risonanza. Problema dei due corpi. Statica e dinamica del punto materiale vincolato. Principio delle reazioni vincolari. Pendolo semplice. Metodo di Weierstrass. Diagrammi di fase. Pendolo sferico.

Geometria delle Masse e grandezze dinamiche dei sistemi materiali. Baricentro di un sistema materiale. Momento d'inerzia. Matrice di inerzia. Teorema di Huygens. Quantità di moto, momento della quantità di moto, energia cinetica. Teoremi di Konig.

Statica e dinamica dei sistemi materiali. Equazioni Cardinali. Teorema delle forze vive e di conservazione dell'Energia Meccanica. Integrali primi. Equazioni cardinali per sistemi materiali rigidi. Sistemi materiali rigidi appoggiati. Moto di un corpo rigido con asse fisso e cimenti vincolari. Moto di un corpo rigido con punto fisso: equazioni di Eulero, moto alla Poincaré. Cenni sui fenomeni giroscopici. Moto di un corpo rigido libero.

Meccanica Analitica. Equazione simbolica della Dinamica e Principio di D'Alembert. Equazione simbolica della statica e Principio dei lavori virtuali. Forze generalizzate di Lagrange. Condizioni per l'equilibrio per sistemi olonomi. Calcolo delle reazioni vincolari mediante il Principio dei Lavori Virtuali. Teorema di Torricelli. Equazioni di Lagrange ed applicazione. Energia cinetica di un sistema olonomo. Teorema delle forze vive per un sistema olonomo a vincoli fissi. Metodo dei moltiplicatori di Lagrange ed equazioni di Appell per sistemi anolonomi. Integrali primi per sistemi lagrangiani. Equazioni di Hamilton.

Stabilità e Piccole Oscillazioni. Definizione di stabilità dell'equilibrio. Metodi di Lyapunov. Teorema di Dirichlet. Teoria delle piccole oscillazioni attorno ad una posizione di equilibrio stabile.

Analisi qualitativa del moto. Sistemi Autonomi. Sistemi non lineari e linearizzazione. Soluzioni periodiche e cicli limite. Biforcazioni. Cenni sulla teoria delle catastrofi.

Testo adottato:

M. FABRIZIO, *La Meccanica Razionale e i suoi metodi matematici*, Zanichelli, Bologna.

Testi di consultazione:

C. CERCIGNANI, *Spazio, Tempo, Movimento*, Zanichelli, Bologna.

D. GRAFFI, *Lezioni di Meccanica Razionale*, Pàtron, Bologna.

G. GRIOLI, *Lezioni di Meccanica Razionale*, Cortina, Padova.

A. STRUMIA, *Lezioni di Meccanica Razionale*, CUSL, Bologna.

Esercizi:

BAMPI, BENATI, MORRO, *Probemi di Meccanica Razionale*, Ecig, Genova.

G. GRAFFI, *Esercizi di Meccanica Razionale*, Pàtron, Bologna.

MURACCHINI, RUGGERI, SECCIA, *Laboratorio di Meccanica Razionale*, Esculapio, Bologna.

Esame: scritto e orale.

Propedeuticità consigliate: Analisi matematica I e II, Geometria ed Algebra, Fisica I.

MISURE MECCANICHE, TERMICHE E COLLAUDI

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.

ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E DEI SISTEMI LOGISTICI

Docente: **Enrico Sobrero** prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento

È quella di dare, tenuto anche conto della diversità dei curricula degli studenti che si rivolgono all'Insegnamento 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 la 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 e confronto sistematico dei processi produttivi: sistematizzazione tridimensionale e matrice prodotto/processo di Hayes e Wheelwright. Analisi estesa dei tipi di lay-out 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 indiciagramma "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 profiles). 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): rac-cordo 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 ottimizzazione: sistemi Monostadio (Short processing Time, Due Date, Set Up Time, Slack Time), sistemi Monostadio con macchine in parallelo (frazionamento Job consentito od impedito), sistemi pluristadio tipo flow-shop (criterio di Johnson e derivati), sistemi pluristadio tipo job-shop. Soluzioni di casi reali.

- 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 simili con ottimizzazione 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).

- Evoluzione dei sistemi MRP ed approfondimento dei sistemi MRP 2.

- Gli approvvigionamenti: logiche, rilevanza nella gestione aziendale, evoluzione del-

la funzione degli approvvigionamenti. Le politiche: del prodotto, delle fonti di approvvigionamento, del prezzo, della comunicazione. Approvvigionamenti e scorte. Il controllo della funzione degli approvvigionamenti. Approvvigionamenti JIT. Approvvigionamenti e nuove tecnologie.

– Il ruolo del lead time nelle misure delle prestazioni in termini di servizio: analisi del ciclo dell'ordine e sua scomposizione. Analisi di caso aziendale ed interventi per la riduzione del tempo del ciclo d'ordine da offerta a consegna del prodotto finito.

– 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. Sviluppo di dettaglio di Sistemi di Qualità. Dimensionamento di interventi per il miglioramento della qualità. Pianificazione e programmazione di interventi di miglioramento della qualità. Strutture organizzative. 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 d Economia ed organizzazione aziendale.

Testi consigliati:

A. GRANDO, *Organizzazione e Gestione della Produzione Industriale*, EGEA.

ROGER W. SCHMENNER, *Produzione: scelte strategiche e gestione operativa*, Il Sole 24 Ore.

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.

Esame: orale.

PRINCIPI E METODOLOGIE DELLA PROGETTAZIONE MECCANICA

Docente: **Alessandro Freddi** 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, Patron Editore, rist. 1990.

PROGETTAZIONE DI SISTEMI DI TRASPORTO (vedi 42)**SCIENZA DEI MATERIALI (vedi 41)****SCIENZA DEI METALLI**

Docente: **Giorgio Poli** prof. ass.

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 classici 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

Docente: **Erasmus Viola** prof. ord.

L'Insegnamento si propone di fornire i concetti di base della meccanica dei solidi e le metodologie per l'analisi strutturale e le relative verifiche.

Analisi della deformazione. Campo di spostamento all'intorno di un punto di un mezzo continuo e deformabile. Componenti di moto rigido e componenti di deformazione. Tensore di deformazione. Direzioni e dilatazioni principali di deformazione. Le condizioni di compatibilità interna.

Analisi della tensione. Equazioni di equilibrio del corpo rigido. Tensione interna. Componenti cartesiane e componenti speciali di tensione. Equazioni di Cauchy. Teorema di reciprocità delle componenti mutue. Equazioni indefinite di equilibrio e ai limiti e loro rappresentazione in notazione tensoriale, matriciale ed operatoriale.

Relazioni generali. Il teorema dei valori virtuali per i corpi deformabili. L'equazione dei lavori virtuali. Elementi di calcolo delle variazioni. I principi delle forze e degli spostamenti virtuali. Principio della minima energia potenziale totale.

Equilibrio elastico. Il corpo elastico lineare. Leggi di Hooke. L'ipotesi di isotropia.

Il principio dell'equilibrio elastico. Formulazione in termini di sole forze (equazioni di Beltrami-Mitchell), di soli spostamenti (equazioni di Navier-Lamé), ed in modo misto.

I metodi di soluzione del problema dell'equilibrio elastico: metodo delle tensioni e metodo degli spostamenti. I teoremi del lavoro di deformazione: teorema di Clapeyron, il teorema di Betti, primo teorema di Engesser, secondo teorema di Castigliano. Metodi di soluzione approssimati del problema dell'equilibrio elastico: il metodo di Ritz-Rayleigh, il metodo degli elementi finiti.

Il problema di Saint-Venant. Impostazione generale. Postulato di Saint-Venant. I quattro casi fondamentali. La flessione reatta. Flessione composta. Torsione, il centro di torsione. Sollecitazione di taglio e flessione; trattazione approssimata di Jourawski.

Criteri di resistenza. Coefficiente di sicurezza. Le prove sui materiali.

Teoria delle strutture. Cenni sui modelli matematici impiegati nell'analisi strutturale. Analisi statica e cinematica del corpo rigido e delle strutture piane. Determinazione della sollecitazione nei problemi piani e spaziali. Determinazione delle componenti dell'azione interna mediante il principio dei lavori virtuali. Integrazione dell'equazione differenziale della linea elastica. I corollari di Mohr. Il metodo cinematico per travi ad asse rettilineo. Trave continua. I teoremi di Clapeyron, Betti, Castigliano e Menabrea sul lavoro di deformazione, applicati alle travi. Stabilità dell'equilibrio elastico. Il metodo Omega. Verifiche di resistenza.

Analisi probabilistica delle strutture. Definizioni di probabilità e relativi teoremi. Elementi di probabilità e di variabile aleatoria, con applicazione alle travi. Funzione di densità e di ripartizione. Valori caratteristici di una distribuzione bidimensionale. progetto e verifica della sezione in termini di affidabilità e di probabilità di crisi.

Meccanica della frattura. Sviluppi asintotici delle componenti di tensione e di spostamento all'apice di una fessura. Modi di estensione del e fattori di intensificazione delle tensioni. Forma e dimensione della zona plastica. Criteri di crisi per frattura.

Cemento armato. Proprietà del calcestruzzo, determinazione della lavorabilità, additivi

e curva granulometrica degli inerti. Normativa italiana ed europea. Teoria statica del c.a. Momento resistente. Verifica della sezione soggetta a taglio e flessione. Ripartizione dei carichi verticali tra pilastri. Disposizione delle armature in pilastri, travi, solai e plinti di fondazione. Prescrizioni regolamentari.

Testi consigliati:

VIOLA E., *Esercitazioni di Scienza delle Costruzioni*, vol. 1-4, Pitagora Editrice.

VIOLA E., *Scienza delle Costruzioni - Teoria dell'elasticità*, vol. 1, Pitagora Editrice.

VIOLA E., *Scienza delle costruzioni - Teoria della trave*, vol. 3, Pitagora Editrice.

Esame: scritto e orale.

Tesi di laurea

Sono disponibili tesi di laurea di carattere teorico, oppure applicativo, sui seguenti argomenti: Analisi matriciale delle strutture - Elementi finiti - Meccanica della frattura - Fatica - Analisi probabilistica delle strutture - Strutture speciali.

SERVIZI GENERALI DI IMPIANTO

Docente: **Gianfranco Coli** prof. ass.

Parte I - Considerazioni economiche relative agli impianti esaminati

Tasso di rendimento interno dell'investimento incrementale. Equivalente annuo, periodo di recupero. Aumento annuo di costo dei combustibili. Soluzioni funzione di una sola variabile.

Parte II - Impianti con risparmio e per il recupero di energia

Produzione combinata d'energia elettrica e termica. Centrali termoelettriche a contropressione. Centrali con motori a combustione interna. Centrali turbogas. Esempi. Impianti integrativi. Pompe di calore. Impianti solari. Esempi. Recuperi termici: a scambiatore statico, a scambiatore rotante ad accumulo, da fumi.

Parte III - 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. Esempio.

Parte IV - Impianti per il benessere e la sicurezza negli ambienti di lavoro

Impianti di riscaldamento. Calcolo potenzialità termica e relative disposizioni legislative. Centrali e reti distribuzione acqua calda. Esempi. Impianti di climatizzazione. Calcolo potenzialità frigorifera. Trasformazioni psicometriche principali. Macchine per la produzione d'acqua refrigerata. Esempi. Impianti di ventilazione; Determinazione della portata d'aria. Impianti di termoventilazione. Calcolo dei canali d'aria. Ventilatori e loro scelta. Aspirazione polveri, vapori e gas. Esempio. Protezione dai rumori. Propagazione del suono all'esterno e all'interno dei singoli ambienti. Valutazione dei rumori e normative. Principa-

li sorgenti di rumore nell'industria. Attenuazione di 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 trasformazione. Progetto dell'impianto di terra. Prevenzione incendi. Disposizioni legislative. Caratteristiche e classifica degli incendi. Prevenzione. Protezione attiva. Illuminazione. Emissione dell'energia radiante. Grandezze fotometriche ed illuminanti raccomandati. Riflessione, assorbimento e trasmissione della luce. Sorgenti luminose. Apparecchi illuminanti. Fondamenti tecnici d'illuminazione. Calcolo di progetto d'impianti d'illuminazione. Esempi.

Testi consigliati:

G. COLI, *Impianti energetici ad elevato rendimento*, Ed. PEG, Milano (Parti I-II).

G. COLI, *Impianti per il benessere e la sicurezza dell'ambiente di lavoro*, Ed. PEG, Milano (Parte IV).

Appunti dalle lezioni (Parte III).

SISTEMI DI TRAZIONE

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 da 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 alimentazione e di conversione. Linee di contatto: problemi elettrici e meccanici nella trasmissione e nella capacità 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.

STRUMENTAZIONE E AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

Docente: **Cesare Sacconi** ric.

L'Insegnamento si propone di fornire la conoscenza ed i criteri di 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 corretta realizzazione di catene di misura.

Si analizza quindi la strumentazione più in uso nell'industria per la trasmissione a distanza e la registrazione delle misure e si discutono i problemi della centralizzazione dei dati.

Vengono inoltre introdotti metodi ed apparecchiature di misura industriali di diverse grandezze fisiche a completamento ed approfondimento delle nozioni acquisite nell'insegnamento di "Misure Meccaniche".

Con riferimento alle normative ed alle procedure di collaudo dei fondamentali impianti meccanici, si esaminano le tecniche non distruttive e di inserimento di strumenti non previsti in precedenza, atte a minimizzare i disturbi nella gestione degli impianti.

Vengono infine considerate le apparecchiature e i metodi più idonei per le indagini relativi all'energy saving.

Testi consigliati:

Dispense di strumentazione industriale.

Esame: scritto e orale.

STUDI DI FABBRICAZIONE

Docente: **Luca Tomesani** ric.

Sintesi delle principali lavorazioni meccaniche.

I principali fattori della produzione metalmeccanica.

Sistemi di produzione per lotti ed a flusso continuo in piccole medie e grandi serie.

I livelli di automazione nelle lavorazioni meccaniche: macchine in linea o per centri, macchine speciali, macchine a trasferimento, alimentazione dei posti di lavoro, montaggio e smontaggio pezzi sulle macchine utensili, dispositivi di orientamento pezzi, le macchine a controllo numerico nella loro applicazione stand-alone e nel loro impiego in celle flessibili, applicazione gestione e controllo delle linee flessibili.

Automazione rigida ed automazione flessibile nei montaggi. Lavorazioni meccaniche non convenzionali: elettroerosione a tuffo ed a filo, superfinitura, lavorazioni mediante taglio ossiacetilenico, a plasma e laser.

Collaudi delle macchine utensili convenzionali ed a controllo numerico, normative nazionali ed internazionali.

Collaudo e controllo dei pezzi lavorati, il controllo qualità in produzione, cenni sulla qualità totale.

Integrazione tra progettazione e produzione, analisi dal punto di vista produttivo del progetto del prodotto da fabbricare: il "Design for Manufacturing" ed il "Design for Assembly".

Il "Group Technology" e le lavorazioni per famiglie di pezzi. Cicli di lavorazione e process planning automatizzato. Determinazione dei materiali direttamente impiegati nella produzione. Archivi macchine ed utensili, archivi tecnologici. Attrezzature meccaniche per la produzione, officina attrezzeria, "tool room". Determinazione dei tempi di lavorazione. Determinazione del fabbisogno di mano d'opera diretta. Contabilizzazione del costo di produzione.

La programmazione nell'ambito delle linee di lavorazione, impegno dei macchinari e delle attrezzature; organizzazione per il .

Verranno svolte applicazioni pratiche con sviluppo di studi di fabbricazione specifici tra cui, tra l'altro, la fabbricazione di stampi destinati a diversi processi produttivi.

Verranno utilizzati mezzi di calcolo e problemi di software specifici per la stesura di cicli di lavorazione e per la programmazione automatica delle macchine utensili..

Testi di riferimento

G. CHRYSSOLOURIS, *Manufacturing systems*, Springer-Verlag, 1992.

M.P. GROOVER, *Automation, production systems and CIM*, Prentice-Hall, 1994.

C.S. SHIAN, U. MENNON, *Concurrent Engineering*, Chapman-Hall, 1994.

R.H. TODD, D.K. ALLEN, L. ALTING, *Manufacturing Processes Reference Guide*, Industrial Press, 1994.

J.G. BRALLA, *Handbook of product design for manufacturing*, McGraw-Hill, 1997.

M.M. FARAG, *Materials selection for engineering design*, Prentice-Hall, 1997.

J.A. SCHEY, *Introduction to manufacturing processes*, McGraw-Hill, 1989.

Esame: una prova orale, previa presentazione di una relazione tecnica sul ciclo di fabbricazione di uno o più componenti di un prodotto industriale.

TECNOLOGIE DI CHIMICA APPLICATA

Docente: **Vasco Passalacqua** prof. ass.

Formare nell'allievo la capacità di applicare le conoscenze di Chimica ai particolari problemi tecnici che l'ingegnere meccanico dovrà affrontare sia nella gestione dei processi energetici, sia nella utilizzazione dei materiali di interesse per l'ingegneria.

1 - *Chimica applicata alla produzione di energia*

1-a) *Combustione e combustibili convenzionali*: studio termodinamico e cinetico della combustione ed esame delle caratteristiche dei combustibili naturali ed artificiali.

1-b) *Le acque*: proprietà chimiche e fisiche delle acque naturali e trattamenti per renderle atte all'impiego in circuiti di raffreddamento o come acque di alimentazione per caldaie.

1-c) *Inquinamento idrico ed atmosferico*: normative contro l'inquinamento ambientale; sorgenti di inquinamento nei processi energetici, controllo ed interventi sulle sorgenti e sulle loro emissioni ed immissioni nell'ambiente recettore.

2 - *Corrosione dei materiali metallici*

2-a) *Corrosione umida*: aspetti termodinamici e cinetici, morfologia della corrosione e metodi di protezione.

2-b) *Corrosione secca*: meccanismi di ossidazione delle superfici metalliche, in particolare di quelle in acciaio e metodi di protezione.

3 - *Materiali polimerici*

Polimeri: strutture molecolari e supermolecolari; proprietà chimiche, termiche e meccaniche; processi di polimerizzazione.

3-a) *Materie plastiche*: i principali tipi di plastomeri e resine termoindurenti; produzione e stampaggio delle materie plastiche.

3-b) *Gomme*: elastomeri naturali e sintetici; preparazione delle mescole.

3-c) *Vernici ed adesivi*: preparazione utilizzazione e controlli di qualità.

Testi consigliati:

1) GIRELLI, *Trattato di Chimica Ind. ed Applicata*, Zanichelli, Bologna.

Testi consigliati durante l'insegnamento.

3) Appunti del Corso.

Esame: scritto e orale.

Svolgimento degli esami

Discussione orale di argomenti svolti nell'insegnamento, ed una prova scritta consistente nell'esame guidato di un problema pratico.

Propedeuticità consigliate: Chimica.

Indirizzo della tesi di laurea

Applicativo, in particolare con riferimento alla scelta ed al dimensionamento di massa di specifici processi.

TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI (vedi 42)**TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE (vedi 42)****TECNOLOGIA MECCANICA**Docente: **Fabio Soavi** prof. ord.

L'Insegnamento si prefigge lo scopo di introdurre alla conoscenza delle proprietà meccaniche e fisiche dei materiali metallici in relazione alla loro utilizzazione nei processi di produzione industriale ed ai fenomeni che a questi processi sono connessi.

Vengono esaminati i principali processi tecnologici che consentono la produzione, in piccola o grande serie, di particolari meccanici semilavorati o finiti. Si fa riferimento essenzialmente alle lavorazioni eseguite mediante deformazione plastica a caldo e a freddo, saldatura, fonderia ed ai trattamenti termici dei materiali metallici.

L'impostazione dell'insegnamento prevede che la parte descrittiva risulti una logica conseguenza della trattazione critica relativa alla tecnologia dei materiali metallici, alle macchine ed ai sistemi di lavorazione.

Le nozioni propedeutiche necessarie riguardano argomenti trattati, nei corsi di Chimica applicata e Scienza delle costruzioni.

Testi consigliati:

- BARTOCCI, MARIANESCHI, *Metalli e Siderurgia*, Ed. Cromonese, Roma.
 VALLINI, *La saldatura e i suoi problemi*, Edit Manuali tecnici Del Bianco, Udine.
 CAPELLO, *Fonderia*, Edit. Signorelli, Milano.
 MICHELETTI, *Tecnologie generali*, Edit. Levrotto & Bella, Torino.
 DE GARMO, *Materials and processes in manufacturing*, Edit. Macmillan.
 ALEXANDER, BREWER, *Manufacturing properties of materials*, Edit. Van Nostrand, Londra.
 MAZZOLENI, *Lezioni di tecnologie dei metalli*, Edit., Pellerano del Gaudio, Napoli.
 GUZZONI, *Metallurgia e tecnologia dei metalli*, Edit. Etas Kompass, Milano.
 VESCHI, *L'acciaio e il suo impiego*, Edit. Pàtron, Bologna.
 WULFF, *Struttura e proprietà dei materiali*, vol. 1, 2, 3, 4, Edit. Ambrosiana, Milano.

Svolgimento degli esami, esercitazioni:

L'esame consiste in una prova scritta, concernente argomenti dell'insegnamento, ed in una prova orale.

Le esercitazioni sono orientate al completamento ed all'approfondimento degli argomenti svolti durante l'insegnamento.

Indirizzo delle tesi di laurea:

Le tesi sono prevalentemente applicative e indirizzate ai processi di fonderia, formatura, trattamento termico, saldatura, macchine utensili, con particolare riferimento alla pro-

gettazione di attrezzature di lavorazione, allo studio delle modalità di flusso dei materiali in deformazione plastica all'analisi di fenomeni vibratorii nelle strutture e nel comando delle macchine utensili.

TECNOLOGIE GENERALI DEI MATERIALI

Docente: **Daniele Veschi** prof. inc. stab.

Scopo dell'Insegnamento è l'approfondimento di concetti affrontati nell'insegnamento di Tecnologia meccanica relativamente agli acciai, e lo studio e conoscenza del comportamento, degli impieghi e delle tecnologie caratteristiche di alcuni materiali di fondamentale interesse nelle costruzioni meccaniche quali: rame e sue leghe, alluminio e sue leghe, magnesio e sue leghe, materie plastiche, titanio e sue leghe, acciai per usi speciali.

L'insegnamento si propone altresì di fornire i concetti fondamentali per la scelta dei materiali oggetto dell'insegnamento, e per le corrette collocazioni e metodologia delle operazioni tecnologiche e dei trattamenti termici.

L'acciaio e le sue trasformazioni e loro interpretazione.

Richiami di trattamenti termici. Trattamenti termochimici (cementazione, nitrurazione, carbonitrurazione, sulfinitizzazione, processi Tecnifer e Ni-Temper, borizzazione).

Criteri di scelta degli acciai (da cementazione e da bonifica) e delle caratteristiche conseguibili con trattamenti.

Acciai per usi speciali: rapidi, per lavorazioni a freddo e a caldo, resistenti a creep, per basse temperature, per cuscinetti, per molle, per costruzioni saldate, inossidabili, Maraging. Attitudine ai vari processi tecnologici.

Generalità diagrammi di stato, tipi di leghe caratteristiche, lavorazioni tecnologiche e trattamenti di: Rame e sue leghe. Alluminio e sue leghe, Magnesio e sue leghe, Titanio e sue leghe.

Materie plastiche: Tipi, processi tecnologici, caratteristiche ed impieghi di: Poliolefine, Polistiroli, Poliamidi, PVC, Poliacetiliche PTFE, termoidurenti. Criteri di progettazione.

Lo zinco: cenni storici e di metallurgia. Proprietà e tecnologie. Leghe di zinco. Zinatura.

Testi consigliati:

VESCHI D., *L'acciaio e il suo impiego*, Ed. Pàtron.

VESCHI D., *L'alluminio e le sue leghe*, Ed. Pàtron.

VESCHI D., *Materie plastiche*, Ed. Pàtron.

GUZZONI, *Metallurgia e tecnologia dei metalli*, Ed. Etas Kompass.

Note sul rame e sue leghe, CISAR, Milano.

L'esame è costituito da una prova scritta e da un colloquio. La prova scritta consiste nello studio di fabbricazione (come successione di operazioni tecnologiche) e di un particolare proposto.

Propedeuticità consigliata: Tecnologia Meccanica.

TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE (vedi 42)**TERMOTECNICA DEI REATTORI** (vedi 50)**TURBOMACCHINE**

Docente: **Pier Ruggero Spina** prof. ass.

Finalità

L'Insegnamento 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. Correzione di Busemann.

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.

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 T.H., VON DOENHOFF A.E., *Theory of Wing Sections*, Dover Publications, 1959.

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., BORGHINI 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.

Esame: orale.

Propedeuticità consigliate: Macchine I, Macchine II, Aerodinamica.

(50) CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA NUCLEARE**ANALISI MATEMATICA I** (vedi 49 T-Z)**ANALISI MATEMATICA II** (vedi 49 T-Z)**AZIONAMENTI ELETTRICI** (vedi 49)**CHIMICA** (vedi 49)**CHIMICA FISICA DEI MATERIALI SOLIDI**Docente: **Dario Nobili** prof. ass.

L'Insegnamento fornisce gli elementi di Scienza dei Materiali che trattano i problemi di compatibilità, stabilità, proprietà meccaniche e comportamento sotto irraggiamento, applicandoli alle problematiche poste dai reattori nucleari e da nuove tecnologie.

Argomenti

Principali tipologie di reattori nucleari e materiali relativi.

Effetti termici delle reazioni e dei cambiamenti di stato, con particolare riferimento ai rischi nei sistemi nucleari. Problemi di compatibilità tra materiali. Equilibrio termodinamico. Diagrammi di Ellingham.

Struttura e difetti nei materiali. Ruolo dei difetti nelle proprietà fisiche e meccaniche.

Difetti in equilibrio termodinamico.

Danno da radiazione nei materiali. Meccanismi di danno con neutroni termici o veloci. Il danno con acceleratori di ioni. Alcune applicazioni delle macchine acceleratrici.

Diffusione. Difetti e meccanismi atomici di diffusione. Determinazione del coefficiente di diffusione. Random walk. Diffusione in presenza di irraggiamento. Diffusione nelle regioni di disordine strutturale. Diffusione e rinvenimento dei difetti e del danno da radiazione. Comportamento dei materiali strutturali sotto irraggiamento. Instabilità dimensionale dei materiali irradiati e parametri che la determinano. Simulazione del fenomeno mediante macchine acceleratrici.

Modello quasichimico delle leghe. Curve entalpia libera/composizione ed equilibrio tra le fasi. Diagrammi di stato. Proprietà delle nanofasi. Effetto Gibbs-Thomson. Nucleazione nelle transizioni di fase.

Il diagramma Fe-C e gli acciai. Combustibili nucleari, gli ossidi di Uranio e di Plutonio e Plutonio. Comportamento del combustibile dell'irraggiamento. Effetti del burn-up sulla stechiometria del combustibile e sulla sua compatibilità con i materiali di guaina.

Per tutti gli argomenti trattati sono disponibili appunti corretti.

L'insegnamento è integrato da visite, presso l'Area di Ricerca del CNR, a macchine acceleratrici di ioni o di elettroni, laser di potenza e microscopi elettronici.

Tesi di Laurea

Misure fisiche, o trattamento di materiali, con macchine acceleratrici. Deposizione, mediante ablazione Laser, di film superconduttori monocristallini.

COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA INDUSTRIALE (vedi 45)

CONTROLLI AUTOMATICI I

Docente: **Maria Elisabetta Penati** ric.

Programma

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. Componenti dei sistemi di controllo:
 - Motori elettrici in c.c. a collettore

Esercitazioni: sono inserite nello svolgimento della parte teorica cui si riferiscono.

Testi consigliati

- 1) PENATI M.E., G. BERTONI, *I sistemi di controllo*, Zanichelli, Bologna, 1989.
- 2) PENATI M.E., G. BERTONI, *Automazione e sistemi di controllo*, vol. I, Esculapio, Bologna, 1998.
- 3) PENATI M.E., G. BERTONI, *Automazione e sistemi di controllo*, vol. II, Esculapio, Bologna, 1997.
- 4) PENATI M.E., *Controlli automatici*, Esculapio, Bologna, 1996.

Esame: orale.

Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica.

CONTROLLI AUTOMATICI II

Docente: **Maria Elisabetta Penati** ric.

Programma

1. La funzione di risposta armonica:
 - Definizione e sue rappresentazioni: diagrammi polari, diagrammi di Bode.
 - La formula di Bode.
2. 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.
3. Sintesi nel dominio delle frequenze:
 - Reti correttive di tipo anticipo, ritardo, anticipo-ritardo.
4. 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) PENATI M.E., G. BERTONI, *I sistemi di controllo*, Zanichelli, Bologna, 1989.
- 2) PENATI M.E., G. BERTONI, *Automazione e sistemi di controllo*, vol. II, Esculapio, Bologna, 1997.
- 3) PENATI M.E., *Controlli automatici*, Esculapio, Bologna, 1996.

Esame: prova orale.

Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica, Elettronica.

COSTRUZIONE DI MACCHINE

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.

DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE (vedi 51)

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (vedi 41)

ELETTRONICA APPLICATA I (vedi 49)

ELETTRONICA APPLICATA II (vedi 47)

ELETTROTECNICA

Docente: **Francesco Negrini** prof. ord.

Campi elettromagnetici

Equazioni di Maxwell in forma locale e integrale nei mezzi stazionari. Equazioni costitutive dei mezzi materiali. Condizioni di continuità sulla superficie di separazione tra due mezzi. Energia di un sistema elettromagnetico e bilanci energetici. Forze e coppie del campo elettromagnetico. Teorema di Poynting. Condizioni iniziali, al contorno e teorema di unicità. Potenziale scalare e potenziale vettore. Soluzioni analitiche di problemi di campo elettrico e magnetico. Cenni alla soluzione con metodi numerici. Passaggio dalla teoria dei campi a quella dei circuiti. Proprietà dei materiali conduttori, dielettrici e magnetici. Perdite Joule, per isteresi, per correnti parassite e dielettriche. Magneti permanenti. Circuiti magnetici lineari e non lineari. Calcolo dei coefficienti di auto e mutua induzione.

Teoria dei circuiti

Reti e circuiti a parametri concentrati e limiti di validità. Leggi di Kirchhoff. Elementi circuitali: resistori, condensatori, induttori, generatori, diodi, transistori e tiristori. Tecniche elementari di manipolazione circuitale: collegamenti in serie e in parallelo, trasformazioni stella-triangolo e triangolo-stella. Metodi generali di analisi dei circuiti: metodo delle equazioni di Kirchhoff, metodo dei potenziali di nodo, metodo delle correnti di maglia. Principio di sovrapposizione degli effetti. Teoremi di Thevenin e di Norton. Teorema di Tellegen e cenni relativi ad altri teoremi. Metodi generali di studio delle reti in fase transitoria: metodo delle equazioni differenziali, funzione di trasferimento, trasformata di Laplace. Reti elettriche in regime sinusoidale. Legge di Ohm simbolica. Impedenza di un circuito. Equazioni di Kirchhoff simboliche. Studio di circuiti in c.a. mediante il metodo simbolico. Risonanza ed antirisonanza. Potenza attiva e potenza reattiva. Potenza complessa. Il rifasamento: calcolo dei condensatori di rifasamento. Sistemi trifase: definizioni e proprietà fondamentali. Cenni sui generatori di alimentazione di un sistema trifase. Utilizzatori a stella e a triangolo. Teorema di equivalenza. Potenza assorbita da un utilizzatore trifase. Misure di potenza nei sistemi trifase, inserzione Aron. Fattore di potenza e rifasamento di un utilizzatore trifase. Sistemi trifase con neutro.

Macchine ed azionamenti elettrici

Ipotesi fondamentali relative allo studio delle macchine elettriche. Norme CEI: grandezze nominali, riscaldamento delle macchine elettriche, vita dei dielettrici, il rendimento convenzionale ed il collaudo delle macchine elettriche. Trasformatori. Principio di funzionamento. Ipotesi di campo. Equazioni interne ed esterne. Relazioni approssimate. Rete equivalente completa. Reti equivalenti semplificate. Funzionamento a vuoto e in cortocircuito. Misura del rendimento. Trasformatori di misura. Trasformatori trifase. Criteri di scelta dei collegamenti. Parallelo dei trasformatori. Trasformatori speciali. Il campo magnetico rotante. Caratteristiche costruttive delle macchine rotanti in c.a.. Macchine asincrone. Caratteristiche costruttive. Principio di funzionamento. Equazioni interne. Teorema di equivalenza. Coppia elettromagnetica. Equazioni esterne. Rete equivalente. Caratteristica meccanica ed elettromeccanica. Considerazioni tecniche sul funzionamento: avviamento e stabilità del funzionamento a regime. Motori a gabbia e a doppia gabbia. Regolazione della velocità. Generatore asincrono. Macchine sincrone. Caratteristiche costruttive: rotore a poli lisci e a poli sporgenti. Principio di funzionamento. Reazione d'armatura nelle macchine a poli lisci e a poli sporgenti. Parallelo degli alternatori. Coppia elettromagnetica. Alternatore monofase. Macchine a corrente continua. Caratteristiche costruttive. F.e.m. indotta alle spazzole. Reazione di armatura. Commutazione: poli ausiliari ed avvolgimenti compensatori. Coppia elettromagnetica. Equazioni interne ed esterne della dinamo. Caratteristica esterna. Dinamo autoeccitata in parallelo. Motore con eccitazione in parallelo: principio di funzionamento, equazioni interne ed esterne, caratteristica meccanica, avviamento e regolazione della velocità. Motore eccitato in serie. Motori speciali. Elementi di elettronica industriale. Dispositivi e circuiti a stato solido per il controllo delle macchine elettriche: diodi, transistori, tiristori (SCR, GTO), sistemi di raddrizzamento monofasi e polifasi, controllati e non, chopper ed inverter. Azionamenti elettrici. Tipologie, caratteristiche e campi di impiego dei principali tipi di azionamento in c.a. ed in c.c.

Cicli di seminari integrativi

Il corso viene integrato normalmente con lo svolgimento di tre cicli di seminari sui seguenti temi di elettromagnetismo applicato:

- 1) Applicazioni industriali della superconduttività.
- 2) Principi di Ingegneria magnetofluidodinamica.
- 3) Sistemi elettromagnetici per la fusione termonucleare controllata.

Testi didattici

1. F. BAROZZI, F. GASPARINI, *Fondamenti di Elettrotecnica: elettromagnetismo*, UTET, Torino, 1989.
2. F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica generale*, Pitagora Editrice, 1971.
3. G. SOMEDA, *Elementi di Elettrotecnica generale*, Patron Editore, Bologna, 1979.
4. C.A. DESOER, E.S. KUH, *Fondamenti di teoria dei circuiti*, 13^a Edizione, Franco Angeli Editore, Milano, 1990.
5. V. DANIELE, A. LIBERATORE, R. GRAGLIA, S. MANETTI, *Elettrotecnica*, Monduzzi Ed., Bologna, 1994.

Testi consigliati per la consultazione

6. L.O. CHUA, C.A. DESOER, E.S. KUH, *Circuiti lineari e non lineari*, Gruppo Editoriale Jackson, 1989.
7. K.J. BINNS, P.J. LAWRENSON, C.W. TROWBRIDGE, *The analytical and numerical solution of electric and magnetic fields*, John Wiley & Sons, Chichester, 1992.
8. M.N.O. SADIKU, *Numerical Techniques in electromagnetics*, CRC Press, Florida, USA, 1992.
9. H.A. HAUS, J.R. MELCHER, *Electromagnetic Fields and Energy*, Prentice Hall, New Jersey, 1989.
10. S.A. NASAR, *Schaum's 3000 solved problems in Electric Circuits*, McGraw-Hill, New York, 1988.
11. D. O'KELY, *Performances and control of electrical machines*, McGraw-Hill, New York, 1991.
12. B.W. WILLIAMS, *Power Electronics*, MacMillan, 1992.
13. J. HINDMARSH, *Electrical machines and their applications*, Pergamon Press, Oxford, 1991.
14. J. HINDMARSH, *Electrical machines and drivers: worked examples*, 2^a Ed., Pergamon Press, Oxford, 1991.
15. A.E. FITZGERALD, C. KINGSLEY JR., S.D. UMANS, *Electric Machinery*, McGraw-Hill, New York, 1989.
16. R.C. DORF, *The Electrical Engineering Handbook*, CRC Press, Florida, USA, 1993.

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 matematica II, Fisica generale II.

Tesi di Laurea

Sono disponibili in particolare su argomenti relativi ai tre cicli di seminari sull'elettromagnetismo applicato: applicazioni industriali della superconduttività (MAGLEV, SMES, schermi magnetici, filtri magnetici, magneti s.c. per MHD, magneti s.c. per alti campi, etc.), conversione diretta dell'energia, sistemi elettromagnetici per la FTC, etc.

ENERGETICA E SISTEMI NUCLEARI

Docente: **Marco Spiga** 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, tecnologia 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 Rayleigh 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.

FISICA GENERALE I (vedi 49)

FISICA GENERALE II (vedi 49)**FISICA NUCLEARE**Docente: **Marco Sumini** prof. ass.*Finalità dell'Insegnamento:*

Fornire: a) conoscenze di base sulla costituzione del nucleo atomico e sulle reazioni nucleari che intervengono sui reattori nucleari;

b) elementi sulla formazione e manipolazione di insiemi di dati nucleari in relazione alla progettazione neutronica dei reattori nucleari.

Programma sintetico

Elementi di fisica atomica e meccanica ondulatoria - Proprietà generali del nucleo atomico - Le forze nucleari - Il deutone - Modelli del nucleo - Aspetti generali delle reazioni nucleari - Reazioni nucleari spontanee - Leggi delle trasformazioni radioattive - Reazioni nucleari indotte da neutroni di bassa energia - Fissione nucleare - Sezioni d'urto effettive - Elementi sui principi fisici di reazioni a catena.

Testi consigliati:

V. BENZI, *Elementi di fisica nucleare*, ENEA, 1983.

L.R.B. ELTON, *Introductory Nuclear Theory*, Pitman-Sons, London, 1965.

Esame: orale.

FISICA TECNICA (vedi 45)**FONDAMENTI DI FISICA DEL REATTORE A FISSIONE E A FUSIONE**Docente: **Vincenzo Molinari** prof. ord.

L'Insegnamento si propone: a) fornire i fondamenti fisici connessi con il funzionamento di un reattore nucleare a fissione; b) introdurre gli elementi di fisica del plasma necessari per la descrizione e l'analisi dei reattori a fusione.

Il programma è suddiviso in tre parti:

– una *prima parte* che ha lo scopo di fornire agli studenti quegli 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 a fusione (tipici sistemi non in equilibrio termodinamico).

Gli argomenti trattati sono:

Equazione di Liouville; Gerarchia di equazioni di B.B.G.K.Y.; Equazioni cinetiche; Equazione di Vlasov; Integrale di collisione di Boltzmann; Equazione di Fokker-Planck e di Landau; Teorema H.; Distribuzione Maxwelliana; Legge di Fick generalizzata; Equazione di diffusione ed equazione di Onsager; Equazioni macroscopiche per una teoria a più fluidi.

– Nella *seconda parte* le equazioni ricavate nella parte precedente vengono applicate per l'analisi di alcuni problemi tipici dei reattori a fissione.

Problemi di rallentamento; Termalizzazione e diffusione dei neutroni; reattori termici omogenei ed eterogenei; Fattore di moltiplicazione infinito e formula dei quattro fattori; Criticità di un reattore termico; Fattore di moltiplicazione effettivo; L'equazione di criticità e la teoria dell'età di Fermi; Reattore termico con riflettore (schema 1 e 2 gruppi di neutroni).

– La *terza parte* ha lo scopo di introdurre ed analizzare alcuni fenomeni tipici del comportamento dinamico di un plasma. In particolare:

Lunghezza di Debye e formazioni delle guaine; Onde elettroniche e onde acustiche; Propagazione di onde elettromagnetiche in un plasma; Superfici isobariche a pressione magnetica; Diffusione e Resistività.

Inoltre vengono trattati i seguenti argomenti:

Condizioni fisiche per le reazioni termonucleari; Criterio di Lawson; Teoria delle orbite; Specchio magnetico; Confronto fra vari tipi di sistemi proposti per il confinamento magnetico del plasma.

L'Insegnamento viene corredato da una serie di *esercitazioni* teoriche e numeriche.

Testi consigliati:

V. BOFFI, *Fisica del reattore nucleare*, vol. I, parte 1^a e 2^a, Pàtron Ed., Bologna, 1974.

Esami: una prova scritta e una prova orale.

FONDAMENTI DI INFORMATICA (vedi 51)

GEOMETRIA E ALGEBRA (vedi 49)

IMPIANTI NUCLEARI

Docente: **Enrico Sobrero** prof. ass.

Lo scopo dell'Insegnamento è di fornire una preparazione nel settore degli impianti termonucleari di potenza sia per quanto concerne i principi di base che 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 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 alcune 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.

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.

Dispense dell'Insegnamento ed aggiornamenti bibliografici sono disponibili di anno in anno.

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.

LOCALIZZAZIONE DEI SISTEMI ENERGETICI I e II

Docente: **Paolo Vestrucci** prof. ass.

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 produ-

zione di energia elettrica. Particolare attenzione viene dedicata alla trattazione degli effetti sanitari ed ambientali dovuti agli inquinanti prodotti nella combustione dei combustibili fossili, alla radioattività naturale e ai radionuclidi artificiali prodotti nelle centrali nucleari.

Programma

I sistemi energetici ed il loro inserimento nel quadro dei bilanci energetici globali; analisi di un bilancio energetico: fonti primarie e consumi finali; risorse e riserve di energia; fonti energetiche impiegate per la produzione elettrica. Il ciclo del combustibile per i principali combustibili usati nella produzione di energia elettrica.

Combustibili nucleari e produzione di radionuclidi; radioattività naturale ed artificiale; potassio-40; famiglie di U-238, U-235 e Th-232; equilibrio secolare; effetti sanitari dovuti alla radioattività naturale; problemi connessi alla presenza di radon negli ambienti chiusi.

Produzione di radionuclidi artificiali nei reattori nucleari a fissione e a fusione; trasmutazioni inerenti agli attinidi; prodotti di fissione; catene di decadimento; natura chimica e nucleare dei prodotti di fissione; calcolo dell'accumulo dei prodotti di fissione a corta vita e a lunga vita con formule approssimate; sistemi adottati nei reattori nucleari per il contenimento della radioattività.

Combustibili fossili; cenno alla composizione chimica dei combustibili fossili a sua correlazione col potere inquinante; la combustione dei combustibili fossili: aspetti termodinamici e cinetici; produzione di inquinanti nella combustione.

La combustione nei motori a scoppio; condizioni di combustione nei motori a benzina e nei motori diesel; carburanti usati nei due tipi di motori; evoluzione della composizione dei carburanti. Normative. Metodi impiegati per ridurre il potere inquinante degli autoveicoli.

Impatto sanitario ed ambientale delle centrali elettriche: calore sensibile dei fumi e calore a bassa temperatura scaricato in grandi corpi idrici o tramite torri di raffreddamento; flussi di materia e di calore per una centrale termoelettrica; sistemi di abbattimento degli inquinanti adottati nelle centrali a olio combustibile e a carbone; abbattimento delle polveri, della SO_2 e degli altri inquinanti. Criteri fondamentali per lo studio dell'impatto ambientale dei sistemi energetici; concetto di rischio sanitario ed ambientale: percezione e accettabilità del rischio; analisi rischi-benefici; criteri di protezione sanitaria ed ambientale; criterio ALARA; valutazione dei rischi nella produzione di energia; criteri generali di protezione sanitaria ed ambientale; la valutazione di impatto ambientale per i sistemi di produzione di energia: metodologie di approccio con particolare riferimento ai problemi posti dalle centrali nucleari e dagli altri sistemi per la produzione di energia elettrica; normativa e procedure adottate per la localizzazione delle centrali elettriche.

Testi consigliati:

- K. BRUZZI, G. CICOGNANI, G. DOMINICI, *Il ciclo del combustibile dei reattori nucleari*, ristampa della seconda edizione 1981, Ed. Pitagora, 1992.
- WORLD ENERGY CONFERENCE, *Environmental effects arising from electricity supply and utilisation and the resultant cost to the utility*, Report, 1988.
- P.A. VESILIND, J.J. PEIRCE, R.F. WEINER, *Environmental Engineering*, second edition, 1988, Butterworths.

MACCHINE

Docente: **Antonio Peretto** prof. ass.

SISTEMI ENERGETICI

Equazione generale del moto dei fluidi in forma meccanica e termica.

Diagramma T, s. Trasformazioni di compressione ed espansione. Rendimenti interno e politropico per una compressione ed espansione. Rendimento isentropico 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.

Potere calorifico inferiore e superiore. Combustione. Aria teorica e reale. Eccesso d'aria. Rugiada acida. Normal metro cubo.

Catena dei rendimenti nelle trasformazioni da energia chimica ad energia elettrica. Consumo specifico ed unità di misura.

Scambiatori di calore in equicorrente, controcorrente a correnti incrociate e compatti. Efficienza. Diagramma T, q. Metodo del AT medio logaritmico. Metodo dell'E, NTU.

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 elo 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.

Regolazione nei gruppi turbogas. Principali strategie di gestione del gruppo.

Impianti 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 analitica 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.

Impianti 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.

Impianti a ciclo combinato gas-vapore. Schema di impianto. Diagramma T, s. Espressione analitica del rendimento di conversione. Impianto combinato a due livelli di pressione. Impianto combinato con postcombustione e valutazione analitica del rendimento. Influenza degli spillamenti sul rendimento di un ciclo combinato.

Impianti ripotenziati. Schema di impianti hot-windbox, feed water, con iniezione di vapore in media pressione e trasformazione in ciclo combinato.

Impianti cogenerativi. Schemi e diagrammi Qt, Pe di impianti cogenerativi con TG a recupero semplice, a ciclo combinato, a vapore in contropressione e in derivazione. Grandezze di uso comune negli impianti cogenerativi. Strategie di gestione.

Generatori di vapore. Rendimento per via diretta e indiretta. Calcolo della temperatura di combustione. Temperatura di parete. Carico termico. Caldaia a irraggiamento: architettura.

Il condensatore. Schema, principio di funzionamento ed equazioni fondamentali.

TURBOMACCHINE

Efflusso. Numero di Mach. Equazione di Hugoniot. Condotti convergenti e divergenti. Equazione di Eulero Triangoli di velocità.

Turbine a vapore ad azione. Turbina di De Laval. Turbine a vapore a due salti di velocità.

Turbine a vapore a salti di pressione.

Turbina a reazione. Limiti sulla portata in testa ad una turbina a reazione.

Pompa centrifuga. Schema della macchina. Triangoli di velocità. Prevalenza teorica in funzione della portata per pale in avanti radiali e all'indietro. Prevalenza reale. Cavitazione.

MACCHINE VOLUMETRICHE

Compressori volumetrici. Schema. Diagramma p, v. Rendimento volumetrico. Pompe volumetriche alternative a semplice e a doppio effetto. Diagramma p, v. Pompe volumetriche rotative a palette a lobi e ad ingranaggi. Motori a combustione interna (MCI). Ciclo Sabathe, ciclo Otto e ciclo Diesel. Rendimento dei ciclo Sabathe. Pressione media effettiva e indicata. Potenza per via termica dei MCI. Detonazione. Numero di ottano. Frazionamento della cilindrata a parità di potenza e di cilindrata.

Testi consigliati

Per la parte "Sistemi Energetici":

G. NEGRI DI MONTENEGRO, D. MORO, G. NALDI, *Corso di Macchine I - Sistemi e componenti termici*, Ed. Pitagora.

G. MINELLI, *Turbine a gas*, Ed. Pitagora.

G. MORANDI, *Macchine ed apparecchiature a vapore e frigorifere*, Ed. Pitagora.

GIOVANNI LOZZA, *Turbine a gas e cicli combinati*, Ed. Progetto Leonardo, Bologna.

Per la parte "Turbomacchine":

G. MINELLI, *Macchine idrauliche*, Ed. Pitagora.

Per la parte "Macchine Volumetriche":

G. MINELLI, *Motori a combustione interna*, Ed. Pitagora.

G. NEGRI DI MONTENEGRO, G. NALDI, A. PERETTO, *Corso di Macchine II - Macchine volumetriche trasmissioni meccaniche*, Ed. Pitagora.

Esame: orale

MAGNETO-FLUIDODINAMICA APPLICATA (vedi 45)**MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE**

Docente: **Alberto Maggiore** prof. ord.

L'Insegnamento si propone di fornire gli elementi necessari per lo studio delle macchine dal punto di vista statico, cinematico e dinamico.

Programma

La prima parte dell'Insegnamento è dedicata allo studio delle forze che si trasmettono mutuamente i membri di un meccanismo e all'analisi del movimento dal punto di vista cinematico. A questo scopo viene esaminato il comportamento delle coppie cinematiche in condizioni sia di attrito secco sia di lubrificazione. L'analisi viene estesa ai principali meccanismi impiegati nella tecnica: quadrilatero articolato, manovellismo di spinta, glifo a croce, giunto di Cardano, meccanismi con camme, rotismi ordinari e differenziali, meccanismi con organi flessibili.

Nella seconda parte dell'insegnamento vengono considerati alcuni aspetti del comportamento dinamico delle macchine. Dapprima sono risolti problemi di tipo diretto, volti alla determinazione delle azioni di inerzia, con applicazioni al caso di meccanismi di larga diffusione, come i manovellismi di spinta, oppure allo studio della regolarità del moto di macchine funzionanti a regime periodico. Quindi si affrontano problemi di tipo indiretto relativi allo studio delle vibrazioni di sistemi ad uno o più gradi di libertà, giungendo a trattare il problema di disaccoppiamento delle equazioni del moto mediante l'analisi modale. In questo ambito vengono trattati i problemi delle velocità critiche dei rotori e dell'equilibratura dei rotori rigidi.

Testo consigliato:

E. FUNAIOLI, A. MAGGIORE, U. MENEGHETTI, *Lezioni di Meccanica applicata alle macchine*, voll. 1 e 2, ed. Patron, Bologna.

Esercitazioni: relative ad argomenti trattati nell'insegnamento.

Esami: orali, con almeno una delle domande relative ad un esercizio.

MECCANICA RAZIONALE (vedi 49)

METODI MATEMATICI PER I REATTORI NUCLEARI

Docente: **Tullio Trombetti** prof. ord.

L'Insegnamento si propone di fornire le basi ed illustrare i principali metodi matematici che intervengono nell'analisi e progettazione di fenomeni componenti e sistemi di interesse per l'ingegnere nucleare.

Programma

Funzioni complesse di variabile complessa. Funzioni analitiche; le condizioni di Cauchy-Riemann. Integrazione nel campo complesso. Teorema e formula di Cauchy. Serie di Laurent. Classificazione delle singolarità isolate. Funzioni polidrome. Indice logaritmico e applicazioni. Spazio di Hilbert e serie di Fourier in L_2 . Disuguaglianza di Bessel e uguaglianza di Parseval. Trasformata di Fourier. Inversione della trasformata di Fourier e appli-

cazione alla risoluzione di problemi fisici. Trasformata di Laplace. Analiticità e ascissa di convergenza. Antitrasformazione. Applicazione alla risoluzione di equazioni differenziali lineari ordinarie a coefficienti costanti. Trasformata z . Trasformate di funzioni elementari. Proprietà. Linearità. Teoremi di traslazione. Teoremi del valore iniziale e finale. Differenziazione e integrazione nel campo complesso. Teoremi di convoluzione. Identità di Parseval. Inversione della trasformata. Applicazione della trasformata z alla soluzione di equazioni lineari alle differenze a coefficienti costanti. Funzione di trasferimento. Introduzione alla teoria delle probabilità. Assiomi e conseguenze. Probabilità condizionate, eventi indipendenti, regola di Bayes. Variabili aleatorie discrete e continue. Funzione di distribuzione e densità di probabilità. Momenti. Principali distribuzioni di probabilità. Funzioni di variabili aleatorie. Vettori aleatori. Cenno ai processi stocastici stazionari. Introduzione alle applicazioni probabilistiche relative a problematiche ingegneristiche di affidabilità e di rischio.

Equazioni differenziali alle derivate parziali e metodi per la risoluzione approssimata. Gli operatori differenziali del secondo ordine: equazioni ellittiche, paraboliche ed iperboliche. La formulazione variazionale: le equazioni di Eulero, metodi approssimativi per via variazionale (il metodo di Ritz, il metodo degli elementi finiti (MEF)). Il MEF: le funzioni di forma, soluzione dell'equazione di Poisson, l'equazione di equilibrio, l'assemblaggio, errore di discretizzazione e criteri di convergenza. La formulazione differenziale ed il metodo delle differenze finite (MDF): equazioni del primo ordine e del 2° ordine, soluzione del problema parabolico e problema iperbolico. La formulazione residuale: equivalenza tra il metodo di Galerkin ed il MEF; applicazione a problemi particolari.

Testi consigliati

- S. NAKAMURA, *Computational Methods in Engineering and Science*, Wiley, New York, 1977.
 J.L. MELSA, A.P. SAGE, *An Introduction to Probability and Stochastic Processes*, Prentice Hall, 1973.
 G.D. SMITH, *Numerical Solution of Partial Differential Equations*, Clarendon Press, Oxford, 1985.

Esami: Una prova scritta e una prova orale.

Tesi di laurea

Studio teorico e applicazioni, mediante metodi matematici adeguati, di problemi fisici di interesse per l'ingegneria nucleare (trasporto di particelle, fenomeni di propagazione, ...).

METODI NUMERICI PER I REATTORI NUCLEARI

Docente: **Vittorio Colombo** prof. ass.

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 industriali, 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 neutronica 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.

MISURA DELLE RADIAZIONI E PROTEZIONE

Docente: **Paolo Amadesi** prof. ass.

Programma

PARTE I

Tipi di radiazione:

Alfa, beta, gamma, neutroni lenti e veloci, protoni, deutoni, particelle pesanti. Interazione con la materia, range dei materiali, classificazione energetica.

Sorgenti di radiazione:

Alfa, beta, gamma, neutroni, particelle pesanti, emissione, decadimento, produzione, caratteristiche fisico-chimiche.

Unità di dose:

Dose di esposizione: roentgen. Dose assorbita: rep, rad, rem, RBE, LET, fattori di qualità.

Irradiazione dell'organismo:

Irradiazione esterna ed interna, organi critici, calcolo di MBB, di MCP_{aria} , MCP_{water} , calcolo di dose accumulata, R_{50} , rapporto flusso/intensità di dose.

Massime dosi permesse :

Professionale, occasionali, popolazione; corpo intero e organi particolari; dosi eccezionali concordate; dosi da incidente. Legislazione nucleare.

Dosi da incidenti tipici di impianto:

Emissione gassosa continua, da incidente. Calcolo impianto di ventilazione di laboratori attivi. Intake accidentale e valutazione dose in organo critico.

Prodotti di fissione:

Catene di decadimento. Calcolo accumulo componenti. Attività totale miscela nel tempo.

PARTE II

Misura delle Radiazioni:

Interazioni con la materia:

Gamma: effetto fotoelettrico, Compton, produzione di coppie. Elettroni: range, attenuazione - Principio di Bragg-Gray - Neutroni: sezioni microscopica e macroscopica di interazione, scattering elastico ed anelastico, cattura radiativa, attivazione, fissione. Particelle pesanti: ionizzazione, eccitazione.

Metodi di rivelazione:

Fisici, chimici, calorimetrici.

Sistemi di rivelazione :

Camere a gas, contatori a scintillazione, a stato solido, dosimetri fotografici e chimici.

Statistica dei sistemi di rivelazione

Teoria della probabilità, dispersione quadratica media, errore di misure singole e di media, errore medio della media, distribuzione gaussiana e Poissoniana.

Camere di ionizzazione:

Teoria; a piatti paralleli - anello di guardia - particolari costruttivi, efficienza ai gamma. Ad aria libera o a gas in pressione.

Contatori Geiger:

Per beta - formazione dell'impulso, caratteristica, calcolo efficienza, dipendenza energia, catena di conteggio, spegnimento scarica. Per gamma - determinazione efficienza.

Contatori proporzionali:

Caratteristica - uso integrale, analisi di impulsi.

Rivelatori a scintillazione:

Teoria scintillatori, scintillatori per beta, gamma, alfa, fotomoltiplicatori, fotocatodo, montaggio integral-lines, efficienza globale e parziale, alimentazione, spettrogramma, beta, alfa.

Emulsioni fotografiche:

Caratteristiche - dipendenza dall'energia per gamma, X, neutroni veloci; sistema Hurst; dosimetria personale.

Rivelazione dei neutroni:

Misura diretta, a protoni di rinculo, a reazione nucleare; camere a Boro-10 a ionizzazione, proporzionali. Camere a fissione, long-counters, rivelatori a stato solido.

Misura indiretta: a radioattività indotta; metodo a fogli sottili con cadmio. Rivelatori a soglia. Spettrometria neutronica a gruppi di energia. Dosimetria di criticità.

PARTE III

*Schermature.**Rischi da irradiazione:*

Concetto di rischio, probabilità di dose, dose singola e cumulativa, analisi funzionale impianti, fisica sanitaria (concetti). Valutazione rischi, verifica dispositivi di protezione, controllo periodico sicurezza e protezione, calcolo e misura dosi. Statistiche dosimetriche, norme di schermaggio.

Materiali di schermaggio:

Per gamma, beta, neutroni lenti e veloci. Ferro, alluminio, piombo, calcestruzzi leggeri e pesanti al ferro, al serpentino, baritico, al Boro. Coefficienti di assorbimento, di scattering, di coefficienti di Build-up, sezioni d'urto di rimozione, lunghezza di rilassamento.

Trasformazione di geometria degli schermi:

Coefficiente di attenuazione puntiforme. Sorgente piana finita, infinita, sferica. Sorgente volumetrica piana a slab, infinita, finita. Sorgente lineare finita, infinita, sorgente sferica. Materiale schermante omogeneo o disomogeneo, nel vuoto. Dose all'interno e all'esterno delle sorgenti distribuite. Diagrammi e tabelle delle principali funzioni di calcolo.

Schermaggio di reattori:

Analisi delle radiazioni uscenti - Calcolo degli schermi - Valutazioni preliminari e verifica di progetto - radiazione diretta e secondaria - Attenuazione di spettri energetici. Fattori occupazionali e dipendenza operativa.

Incidenti e analisi. Scelta del Sito:

Incidenti tecnici - Incidenti credibili - Incidenti ipotizzabili - Affidabilità dispositivi - Probabilità di incidente - Rischio di incidente - Analisi meteorologiche - Waste gassoso - Valutazioni dosi singole e globali - Analisi piani di intervento - Coefficiente di pericolosità del Sito.

Altri impianti (cenni):

Industriali di radiosterilizzazione, radioinibizione alla gemogliazione, radiostimolazione sementi, impianti X per radiodiagnostica, radioterapia, analisi macromolecolare, acceleratori di particelle, bombe al Co ed al Cs.

Esercitazioni - N. 10

Caratteristiche di un geiger - caratteristiche dei contatori proporzionali a BF_3 - caratteristica delle camere a ionizzazione e taratura - Taratura di contatore a BF_3 e di sonda alfa - caratteristica e taratura di analizzatore multicanale - analisi qualitativa gamma con analizzatore multicanale - analisi quantitativa con il metodo del confronto.

Analisi quantitativa di sorgente piana circolare finita con taratura di efficienza radiale con spettrometria gamma. Analisi qualitativa e quantitativa di campioni di terreno e vegetali per mezzo di analizzatore multicanale.

Calcolo schermatura primaria e secondaria di un laboratorio ospedaliero di medicina nucleare.

NEUTRONICA APPLICATA

Docente: **Marco Sumini** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di fornire agli studenti dell'ultimo anno del Corso di Laurea in Ingegneria Nucleare informazioni operative su alcune delle principali tecniche di simulazione numerica utilizzate per la modellizzazione dei fenomeni di trasporto di particelle cariche e neutre.

1) *Metodo Monte Carlo.*

Richiami sui fondamenti della teoria della probabilità. Variabili aleatorie e funzioni di distribuzione. Campionamento. Tecniche per la riduzione della varianza. Applicazione al calcolo di integrali. Simulazione di sistemi stocastici. Applicazione al trasporto di fotoni. Modellizzazione dell'interazione di raggi X e gamma con la materia. Confronto con la so-

luzione analitica dell'equazione del trasporto per i fotoni ed applicazione alle tecniche di analisi non distruttive. Applicazione a problemi di trasporto neutronico: il codice MCNP.

2) *Metodi di simulazione Particle In Cell (PIC) per lo studio dei plasmi.*

Codici elettrostatici ed elettromagnetici in geometria monodimensionale. Equazioni del moto ed equazioni di campo. Analisi degli aspetti modellistici e numerici. Funzioni di distribuzione e relazioni di dispersione. Applicazione allo studio di alcuni fenomeni di instabilità nei plasmi. Estensione a più dimensioni. Accoppiamento con tecniche Monte Carlo. Applicazione allo studio dell'interazione laser-plasma.

3) *Metodi variazionali per la costruzione di modelli numerici per la soluzione delle equazioni della diffusione e del trasporto per i neutroni.*

Metodi coarse-meshes. Applicazione allo studio della dinamica spaziale dei reattori nucleari. Analisi delle tecniche numeriche connesse all'utilizzo di supercalcolatori e macchine massicciamente parallele.

L'Insegnamento prevede esercitazioni al calcolatore per ciascuno dei punti indicati. Sono disponibili tesi di laurea sugli argomenti oggetto dell'insegnamento.

Testi consigliati:

Dispense fornite dal docente.

Propedeuticità consigliate

Modelli Numerici per i reattori nucleari.

PRINCIPI E METODOLOGIE DELLA PROGETTAZIONE MECCANICA

(vedi 49)

PROGETTI E COSTRUZIONI NUCLEARI

Docente: **Francesco Cesari** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di fornire allo studente le conoscenze per la progettazione dei componenti meccanici di un impianto nucleare e convenzionale, mettendo in rilievo l'importanza di una corretta scelta dei materiali, di un appropriato utilizzo delle più avanzate tecniche progettuali in relazione alle necessità di affidabilità e sicurezza che i componenti presentano. Verranno anche trattate le tematiche della garanzia della qualità e della loro utilizzazione nelle fasi di progettazione, costruzione e manutenzione di un impianto. Gli studenti avranno inoltre la possibilità di utilizzare direttamente su calcolatore programmi di calcolo specifici per l'analisi strutturale e per le valutazioni di affidabilità di un componente.

1. *La meccanica dei materiali*

Comportamento dei materiali ferrosi e relative equazioni costitutive in presenza di tensioni elevate (comportamento non lineare elastico ed elastoplastico) e temperature elevate (scorrimento viscoso).

Comportamento dei materiali ferrosi in presenza di difetti e loro caratterizzazione nella meccanica della frattura fragile e duttile.

Materiali utilizzati nella costruzione dei componenti nucleari ed influenza delle condizioni operative sulle caratteristiche meccaniche dei materiali.

2. *La progettazione dei componenti nucleari*

I recipienti in pressione: materiali, normativa di riferimento, calcolo ed aspetti economici nella scelta della soluzione.

Analisi degli effetti sulle strutture di carichi rapidamente variabili (incidenti esplosivi, missili), carichi lentamente variabili (fenomeni sismici) e transitori termici. Determinazione delle equazioni di equilibrio dei vari fenomeni fisici e loro discretizzazione per una soluzione approssimata.

Comportamento non lineare delle strutture: problemi di non linearità dei materiali (materiali elastoplastici, *swelling*, scorrimento viscoso) e di non linearità geometrica (grandi spostamenti, grandi rotazioni).

3. *Dinamica e controllo dei reattori nucleari*

Comportamento dinamico del reattore nucleare e meccanismi di interazione che concorrono a determinarlo (cinetica neutronica, controeazioni di reattività dovute ai più importanti effetti fisici, sistema di controllo ...): implicazioni progettuali. Parametri cinetici della reazione di fissione a catena controllata. Analisi di transitori a reattività costante e variabile: manifestazione fisica e matematica della rigidità (stiffness) del sistema. Analisi di sistemi dinamici rigidi (stiff). La determinazione sperimentale della reattività. Leggi di controeazione di reattività. Studio lineare e non lineare del reattore come sistema dinamico. Dinamica delle grandi e delle piccole escursioni. Analisi di stabilità. Teoria e calcolo delle barre di controllo.

4. *L'utilizzo del calcolatore per l'analisi di una struttura*

La struttura di un codice di calcolo per l'analisi strutturale. L'impiego di personal computers e di programmi personalizzati per la soluzione di particolari problemi.

Calcolo automatico di un telaio, di strutture piane ed assialsimmetriche: problemi statici (materiale elastico ed elastoplastico con piccole deformazioni) e problemi dinamici (calcolo delle frequenze proprie di una struttura e della risposta ad un carico funzione del tempo).

L'analisi delle strutture spaziali di grosso e piccolo spessore e relativo calcolo automatico.

Determinazione del carico critico di strutture snelle.

Bibliografia

- J.F. HARVEY, *Theory and Design of Modern Pressure Vessels*, Ed. Van Nostrand, 1991.
 F. CESARI, L. MENEGHINI, *Calcolo automatico di telai e strutture piane*, Ed. Pitagora, 1991.
 F. CESARI, L. MENEGHINI, *Calcolo automatico di strutture spaziali*, Ed. Pitagora, 1992.

- F. CESARI, L. MENEGHINI, *Calcolo automatico di strutture con comportamento non lineare*, Ed. Pitagora, 1993.
- T. TROMBETTI, *Elementi di controllo del reattore nucleare*.
- J.N. SIDDALL, *Probabilistic Engineering Design*, Ed. Dekker, 1983.
- P. O'CONNOR, *Practical Reliability Engineering*, Ed. John Wiley, 1991.

REATTORI NUCLEARI AVANZATI

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 $n-Li_3$ o Li_3 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 FP_N e B_N 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 degenerare. 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-D₂O e determinazione dei prodotti delle fusioni.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (vedi 41)

SICUREZZA E ANALISI DI RISCHIO

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.

TECNOLOGIE E APPLICAZIONI NUCLEARI

Docente: **Franco G. Cesari** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di analizzare gli impianti di potenza sotto l'aspetto funzionale e strutturale, onde consentire una visione specifica delle esigenze e dei problemi connessi con il progetto, il funzionamento e l'esercizio delle centrali. Particolare attenzione verrà data alle analisi affidabilistiche, alle procedure qualitative di accertamento (concetto della Garanzia della Qualità) e alle condizioni di sicurezza, che devono essere svolte ed

approfondite in tutte le fasi del presente programma. Gli studenti potranno avvalersi dell'uso di programmi numerici su calcolatore (prevalentemente PC ed eccezionalmente main frame), che consentano di effettuare applicazioni (strutturali, affidabilistiche, etc.) su componenti dell'impianto di potenza.

1. Criteri di progettazione

Eventi normali ed incidentali durante la vita dell'impianto (esercizio normale, manutenzione, etc.). Condizioni di carico e di funzionamento degli impianti di potenza. Analisi accurata degli effetti dovuti ad alcuni fenomeni importanti (creep, fatica, sisma, etc.). Effetti strutturali legati alle condizioni operative incidentali (tipi di rotture, danni permanenti, etc.) ed affidabilità delle difese strutturali contro le situazioni limite. Normative (di qualità, sicurezza, etc.).

2. Materiali strutturali

Materiali strutturali per i componenti del circuito primario e del nocciolo; relativi criteri di scelta. Prove su provini/strutture; caratterizzazione a T.A. ed in temperatura. Equazioni costitutive per alcuni fenomeni, considerando le caratteristiche chimico-fisico-meccaniche necessarie per il progetto e l'analisi incidentale. Dati a norma e dati sperimentali. Archivi di dati e banche dati relazionali.

3. Contenimento esterno

Caratteristiche e descrizione dei sistemi di contenimento per i vari tipi di reattori. Componenti di un contenitore e sistemi ausiliari. Normative per la realizzazione e le prove (di accettazione e periodiche). Criteri di progetto strutturale e loro applicazione al dimensionamento ed alla verifica di un contenitore metallico. Situazioni incidentali estreme (caduta di aereo, contenimento del corium, jet impingement, etc.).

4. Circuito primario

Componenti del circuito primario e loro sistemazione entro il contenitore. Normative per la verifica, la realizzazione e le prove. Logiche della verifica semplificata, dettagliata e sperimentale per tubazioni di Classe 1 (e 3). Accorgimenti realizzativi per limitare le conseguenze incidentali (sostegni, isolatori sismici, smorzatori, anse di dilatazione, etc.).

Affidabilità strutturale in condizioni di esercizio e di incidente). Effetti della conduzione normale e di situazioni limite (attivazione del fluido refrigerante/materiali strutturali, reazioni combustibile-fluido e combustibile/materiali incamicianti, corium, etc.).

5. Strumentazione

Sensori di processo/sperimentazione e circuiti associati. Schema di processo strumentato di impianto di potenza. Normative e simbologia. Strumenti per la misura/regolazione di alcune quantità per il funzionamento dell'impianto (caratteristiche, principi fisici applicati, specifiche tecniche, trasmettitori, PI/PD/PID, analisi di segnale, costi, etc.). Affidabilità e logiche di prevenzione dei guasti, sia nelle catene per il controllo, sia in quelle per la sicurezza dell'impianto.

Libri consigliati

- F. CESARI, *Circuiti primari e tubazioni di classe 1: progettazione, verifiche, materiali e normative*, ENEA, 1990.

G. LIPTAK, *Theory and Design of Modern Pressure Vessel*, Van Nostrand, 1980.

F. CESARI, *Analisi strutturale di membrane metalliche*, Pitagora, 1984.

Dispense a cura del docente.

Esercitazioni

Teoriche con applicazione ed uso del calcolatore per impiegare ed usare programmi di calcolo esistenti.

Si consiglia vivamente la partecipazione alle esercitazioni, che costituiscono una integrazione utile delle lezioni.

Visite ad industrie del settore impiantistico (Folchi-Hudson, Riva-Calzoni, FBM, etc.) saranno integrate con incontri con tecnici ENEL a Montalto di Castro e a Caorso (ogni due anni) con tecnici francesi di Edf.

Possono essere svolte tesine (di cui tener conto all'esame).

Esami: orali.

Tesi di laurea

Un gran numero di temi di tipo strutturale (effetto sulle strutture per centrali nucleari di fatica termica, creep-fatica, analisi limite, resistenza residua, etc.) e funzionale (simulazione di un circuito primario, impiego del CSMP nell'analisi incidentale e nella regolazione, etc.) possono essere svolti sotto la diretta assistenza dei docenti.

TECNOLOGIA DEI MATERIALI NUCLEARI

Docente: **Domiziano Mostacci** ric.

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 peritetica; 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: temprarinvimento-bonifica, trattamenti isotermitici.

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-Miller.

Compatibilità e corrosione

– definizioni, tipi di corrosione; velocità di attacco; processi corrosivi a secco: ossidi permeabili 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 lamie-re, 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, sabbatura, lucidatura elettrolitica, elettroplaccatura, attacco chimico; colorazione degli acciai inossidabili: brunitura, colorazione (per rinvenimento, per immersione, per interferenza), pitturazione e smaltatura; sgrassaggio, decapaggio e decontaminazione; protezioni temporanee; pulizia e manutenzione delle superfici.

Testi consigliati:

PAOLO STROCCHI, *Tecnologia dei materiali nucleari*, ed. CLUEB, Bologna, 1979.

GABRIELE DI CAPRIO, *Gli acciai inossidabili*, III edizione, ed. Hoepli, Milano, 1997.

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.

TERMOTECNICA DEL REATTORE

Docente: **Enrico Lorenzini** prof. ord.

L'Insegnamento si propone di approfondire i vari aspetti della trasmissione del calore e del moto dei fluidi, per giungere ad una preliminare progettazione termica del nocciolo del reattore.

Programma

A) *Trasporto molecolare e turbolento*

Trasporto molecolare - Trasporto di materia, calore, quantità di moto - Fluidi non newtoniani - Applicazioni della teoria del trasporto molecolare allo stato non stazionario con generazione interna - Trasporto turbolento - Distribuzione delle velocità nel moto turbolento - Trasporto di calore e di materia nel moto turbolento - Analisi matematica del moto turbolento - Sviluppi fondamentali del trasporto turbolento - Lo strato limite - L'analogia di Reynolds - L'analogia di Colburn - L'analogia di Martinelli - Teoria della penetrazione.

B) *Aspetti termici nei reattori nucleari*

Generazione ed estrazione del calore nei sistemi reattoriali - Progettazione del sistema di raffreddamento - I circuiti del refrigerante - Distribuzione delle sorgenti di calore - Calore generato negli elementi di combustibile - Generazione di calore nel moderatore - Generazione di calore nel riflettore e nello schermo - Distribuzione della temperatura lungo il percorso del refrigerante - Canali di refrigerazione generalizzati - Potenza di pompaggio - Ebollizione - Sollecitazioni termiche.

C) *Scelta delle caratteristiche costruttive dei reattori.*

D) *Fattori di canale caldo.*

E) *Progettazione preliminare e calcoli relativi.*

F) *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.

G) *Energia nucleare*

Economia, proliferazione, impatto ambientale, legislazione.

H) *Trattazione di bilanci termici in transitorio.*

Testi consigliati:

LORENZINI, *Traccia delle lezioni di Termotecnica del Reattore*, Ed. Pitagora.

EL WAKIL, *Nuclear Power Engineering*, McGraw-Hill.

LORENZINI, CUMO, *Energia nucleare: problemi degli anni '80*, Ed. Pàtron.

LORENZINI, SPIGA, *I fattori di canale caldo*, Ed. Pitagora.

LORENZINI, SOLA, *Introduzione alla termotecnica del reattore veloce*, Ed. Pitagora.

Esami

Prova scritta e orale: attraverso la soluzione richiesta di un problema si indaga sulla conoscenza dello studente in merito ai problemi termici in generale e in particolare a quelli inerenti il reattore.

Propedeuticità consigliate

Fisica tecnica, Fisica del reattore nucleare.

TRASPORTO DI PARTICELLE E DI RADIAZIONE

Docente: **Rubens Scardovelli** prof. ass.

Descrizione dell'Insegnamento

A partire dalla teoria generale del trasporto di particelle e di radiazione vengono derivate, discusse ed applicate varie forme delle equazioni macroscopiche, quali l'equazione di Navier-Stokes e quelle della magnetofluidodinamica ideale e resistiva, dal punto di vista fisico-matematico e in applicazioni tecnologiche e scientifiche.

Programma

1) Plasm: moto di particelle cariche in campi elettromagnetici variabili nello spazio e nel tempo, invarianti adiabatici, equazioni della magnetofluidodinamica ideale e resistiva, problemi analitici e numerici associati all'equilibrio e alla stabilità dei plasm in macchine toroidali per la fusione nucleare, discussione dei problemi connessi alla valutazione dei coefficienti del trasporto di massa, energia e momento nei plasm termonucleari.

2) Applicazioni a problemi di modellizzazione ambientale: equazione di Navier-Stokes, equazioni generali della circolazione atmosferica, diffusione di particelle passive, metodi gaussiani, fluidi multifase.

3) Applicazioni allo studio del trasporto di fotoni: processi di assorbimento, emissione e scattering, equazione del trasferimento radiativo come equazione di Boltzmann.

L'insegnamento prevede esercitazioni analitiche e numeriche.

Testi di riferimento:

Dispense del Docente.

G. SCHMIDT, *Physics of High Temperature Plasmas*, Academic Press, New York, 1979.

G. HALTNER and R. WILLIAMS, *Numerical Prediction and Dynamical Meteorology*, John Wiley & Sons, 1980.

(51) CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**ACQUEDOTTI E FOGNATURE** (semestrale)Docente: **Stefano Pilati** ass. ord. (inc.)

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 approvvigionamento Le fonti sotterranee: qualità e quantità della risorsa ottenibile, le opere di estrazione.

Le fonti superficiali: la qualità della risorsa; la quantità 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 consigliati

- 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.

ANALISI DI SICUREZZA NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO (vedi 41)

ANALISI MATEMATICA I (vedi 49)

ANALISI MATEMATICA II (vedi 49)

ANALISI STRUMENTALE E CONTROLLO DEI MATERIALI

Docente: **Giorgio Timellini** prof. ass.

Programma

L'Insegnamento 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.

Elementi di metrologia e analisi strumentale

- Aspetti generali delle misure di grandezze.
- Criteri di scelta dello strumento di misura, in funzione delle più importanti caratteristiche (ad esempio, sensibilità, precisione, etc.). Teoria degli errori.
- Modalità di esecuzione della misura e criteri di definizione, scelta e raccolta dei campioni. Definizione delle condizioni che consentano di pervenire a risultati rappresentativi dell'effettivo andamento del fenomeno (o della caratteristica del materiale) sotto controllo.
- Determinazione e attestazione della qualità di uno strumento di misura. La taratura: procedure e metodi.
- Definizione delle migliori condizioni di impiego dello specifico strumento di misura: analisi delle grandezze che possono influenzare il risultato della misura, prevenzione degli errori sistematici.
- Analisi ed elaborazione dei risultati.

Norme e leggi sul controllo dei materiali

- gli obiettivi del controllo dei materiali, nel quadro di:
- gestione e certificazione della qualità aziendale;
- valutazioni di impatto ambientale;
- aspetti generali su enti di normazione, struttura ed organizzazione delle norme, 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:

G. MINELLI, *Misure meccaniche*, Ed. Patron, Bologna, 1974.

A. BRAY, V. VICENTINI, *Meccanica sperimentale*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1975.

M. SAVINO, *Fondamenti di scienza delle misure*, Ed. NIS, Roma, 1992.

Pubblicazioni specifiche e dispense distribuite dal docente

Esame

L'esame consta di una prova orale.

ARTE MINERARIA

Docente: **Paolo Berry** prof. ord.

L'Insegnamento fornisce i principi fondamentali della progettazione di miniere, cave e scavi e le notizie sulle più recenti acquisizioni tecnico-scientifiche utili per la soluzione dei problemi tipici dell'ingegneria degli scavi e delle miniere. La progettazione viene esami-

nata mettendo in luce le interconnessioni tra le competenze ingegneristiche e quelle economico-finanziarie-legislative con particolare attenzione verso gli aspetti ambientali coinvolti dalle operazioni minerarie e di scavo. Inoltre l'insegnamento mette in evidenza le applicazioni delle tecniche minerarie, negli scavi in roccia ed in terreni sciolti per grandi opere civili (gallerie, centrali in caverne, sbancamenti, ecc.).

Programma

L'approvvigionamento

Il mercato mondiale delle materie prime minerali, fabbisogni e prospettive. Ricerca e sviluppo nella tecnica mineraria. Tendenze evolutive nella prospezione e coltivazione dei giacimenti. Fattori di rischio nell'approvvigionamento di materie prime minerali strategiche. Parametri che influenzano il progetto ed analisi dei costi. Tendenze attuali nelle scelte tecnico-economiche tra coltivazioni a cielo aperto ed in sotterraneo.

La coltivazione delle miniere e delle cave

Cenni sulla prospezione geologica, geofisica, geochimica e sui lavori di esplorazione. Criteri generali e fattori determinanti l'organizzazione di una coltivazione. Le riserve e la campionatura. Richiami sui criteri geostatistici e sulla pianificazione dell'attività estrattiva. La valutazione delle miniere. Le grandi preparazioni ed i tracciamenti per la preparazione del cantiere. I principali metodi di coltivazione di minerali metalliferi non metalliferi ed energetici. Coltivazioni a giorno: il progetto di coltivazione; metodi ed organizzazione. Criteri per la determinazione della coltivabilità a giorno o in sotterraneo; parametri che impongono il passaggio dal sistema al sistema. Coltivazioni di materiali di seconda categoria: cave per pietre ornamentali e per la produzione di blocchi, di granulati. 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 e cave dismesse: scelte tecniche ed economiche.

La tecnica 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. Scavo di gallerie a grande sezione. Metodi di scavo in rocce e terreni sotto falda. Sismicità indotta dalle volate e problemi di sicurezza. Ventilazione di gallerie a fondo cieco.

Esercitazioni ed esami

Le esercitazioni consistono nell'analisi pratica e numerica dei temi sviluppati a lezione e nello sviluppo completo di un progetto individuale di coltivazione di cava o di miniera o di scavi in genere (gallerie, sbancamenti, ecc.), curato da ciascuno studente. L'esame consiste in un colloquio nel quale viene valutata la preparazione dello studente anche attraverso

so la presentazione del lavoro svolto durante il tirocinio pratico e del progetto sviluppato 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*.

Propedeuticità consigliate

Scienza delle Costruzioni, Fisica Tecnica, Geologia, Giacimenti minerali, Meccanica delle rocce.

Tesi di laurea: Sono prevalentemente a carattere applicativo.

BIOCHIMICA INDUSTRIALE (vedi 41)

CAVE E RECUPERO AMBIENTALE

Docente: **Paolo Berry** prof. ord.

Problematiche generali.

Cave per estrazione di minerali di seconda categoria ed escavazioni a giorno per l'ingegneria civile. Occupazione del suolo competizione con attività economiche concorrenti. Utilizzazione delle pietre ornamentali. Pianificazione dell'attività estrattiva. Studio dell'impatto ambientale: misure preventive e misure protettive.

I materiali oggetto dell'attività di cava.

Individuazione delle formazioni utili. Utilizzazione dei metodi geofisici, trincee, sondaggi. Diagrafie. I giacimenti di rocce ornamentali. Rocce e terre. Pietre ornamentali. Caratterizzazione fisica, chimica, meccanica, tecnologica e merceologica. Normazione della qualità dei materiali. Macchine, strumenti di saggio e procedure. Fattori che condizionano l'attività di scavo. Parametri geomeccanici e strutturali.

Classificazione e definizione delle cave per inerti, per blocchi e per pietre ornamentali.

Progetto di coltivazione; 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 sfondi di lavorazione.

Tecnologie di abbattimento.

Abbattimento con esplosivo. Macchine e sistemi di perforazione. Criteri di scelta progettuali. Impiego degli esplosivi per profilature ed abbattimenti in prossimità di edifici e

strutture da salvaguardare. Tecniche di produzione per scavo meccanizzato. Preminaggio. Scarificazione con dente. Spinta e accumulo con trattori a lama radente. Scavo continuo con escavatori a catena o ruota di tazze o per fresatura. Disgregazione idraulica. Coltivazione di formazioni sotto falda. Deaghe meccaniche ed idrauliche. Benne raschianti e sospese.

Tecnologie di taglio.

Cave. Impianti a filo diamantato. Taglio con segatrice a catena dentata o cinghia diamantata. Taglio con dischi. produttività e costi unitari. Taglio al monte con miccia detonante o polvere nera. Disgregazione termica delle rocce dure. Prospettive di applicazione di tecnologie innovative. Fondamenti sperimentali e risultati industriali.

Lavori speciali.

Scavi di profilatura in roccia; scavi per fondazioni, consolidamenti; movimenti di terra per sistemazione di scarpate; bacini di contenimento degli sterili.

Attività di trasformazione.

Movimentazione dei blocchi. Segazione, calibratura, finitura superficiale e taglio a misura delle rocce ornamentali. Telai a filo; telai monolama; dischi ortogonali; telai multilama a graniglia abrasiva. Operazioni di lucidatura, sfiammatura e bocciardatura. Lavorazioni speciali. Criteri di scelta e problemi gestionali.

Esercitazioni ed esami

Le esercitazioni consistono nell'analisi pratica e numerica dei temi sviluppati a lezione e nello sviluppo completo di un progetto individuale di coltivazione di cava o di scavi in genere (gallerie, sbancamenti, ecc.), curato da ciascuno studente. L'esame consiste in un colloquio nel quale viene valutata la preparazione dello studente anche attraverso la presentazione del progetto sviluppato individualmente.

Testo consigliato:

AUTORI VARI, *Articoli tecnici e scientifici forniti dal Docente.*

Tesi di laurea: Sono prevalentemente a carattere applicativo.

CHIMICA

Docente: **Corrado Berti** prof. ass.

Struttura atomica della materia.

Elementi chimici e composti; formula minima di un composto e suo calcolo. L'atomo: elettrone, protone, neutrone. Numero di massa e numero atomico; gli isotopi. Pes atomici assoluti e relativi; scala attuale dei pesi atomici. La mole ed il numero di Avogadro.

Struttura del nucleo e radioattività.

Cenni sui modelli dell'atomo: il nucleo. Nuclidi stabili e nuclidi instabili; decadimento

radioattivo. Emissioni alfa, beta, gamma e cattura K; leggi dello spostamento radioattivo. Velocità di decadimento, vita media e tempo di semi-trasformazione. Cenni sulle famiglie radioattive e l'equilibrio secolare. Cenni sulle reazioni nucleari artificiali e sull'impiego dei radioisotopi. Il difetto di massa: equivalenza massa-energia. Energia di legame del nucleo media per nucleone e suo andamento in funzione del numero di massa: cenni sull'utilizzazione dell'energia nucleare tramite i processi di fissione e di fusione.

Struttura elettronica degli atomi.

Il modello di Rutherford per l'atomo di idrogeno e sua incompatibilità con le leggi dell'elettromagnetismo. Cenni sullo spettro del corpo nero e sull'effetto fotoelettrico; la quantizzazione dell'energia. Cenni sul modello atomico di Bohr. Limiti delle descrizioni modellistiche: il principio di indeterminazione; la natura dualistica degli elettroni e della luce. L'equazione di Schrodinger e i risultati della sua risoluzione nel caso dell'atomo di idrogeno in stato stazionario. Funzioni d'onda, orbitali atomici e numeri quantici: loro significato. Rappresentazione degli orbitali mediante il metodo delle superfici limite. Funzioni d'onda per gli orbitali 1s e 2s e funzione di distribuzione della probabilità. Parte radiale e parte angolare degli orbitali p. Cenni sugli orbitali di tipo d ed f. Il numero quantico di spin. Cenni sull'applicazione dell'equazione di Schrodinger agli atomi con più elettroni; principio di esclusione di Pauli e regola di Hund. Ordine successivo dei livelli energetici e costruzione del sistema periodico; configurazioni elettroniche nello stato fondamentale degli elementi dal I al VII periodo, degli elementi di transizione, lantanoidi e attinoidi. Andamento delle dimensioni atomiche e ioniche, delle energie di ionizzazione e affinità elettroniche nel sistema periodico degli elementi.

Il legame chimico.

Concetto di legame chimico ed energia di legame. Legame ionico: bilancio energetico nella formazione del cristallo di cloruro di sodio. Coordinazioni tipiche e dimensioni degli ioni; valenza ionica. Proprietà generali dei composti ionici.

Il legame covalente: sovrapposizione degli orbitali atomici. Legame covalente polare e apolare; geometria delle molecole e momento dipolare. Caratteristiche di legame degli elementi: idrogeno, elio, litio. Il berillio: ibridazione degli orbitali atomici (ibridi sp). Ibridazione dei composti del boro (ibridazione sp^2); legami di coordinazione. Il carbonio: ibridazione sp^3 nel diamante e metano, ibridazione sp^2 nell'etene. Legami multipli: legami sigma e p-greco. Ibridazione sp del carbonio: l'etino. Il benzene e la sua struttura. Cenni sulle teorie degli orbitali molecolari e dei legami di valenza; la risonanza. Struttura della grafite. L'azoto: strutture di NH_3 , NH_4^+ e NO_3^- . L'ossigeno ed i suoi stati di legame. L'acqua e lo ione ossonio; il legame a idrogeno. Il fluoro. Alluminio, silicio e fosforo a confronto con i corrispondenti elementi del II periodo dal punto di vista degli stati di legame: ibridazioni sp^3d e sp^3d^2 . Strutture di alcuni composti dello zolfo. Caratteristiche di legame degli elementi di transizione (cenni): ioni complessi di ferro e rame quali esempi. Legami deboli tra le molecole: i diversi tipi di interazione. Il legame metallico: strutture e proprietà principali dei solidi metallici. Cenni sulla teoria delle bande nei solidi: isolanti, conduttori; semiconduttori.

La reazione chimica.

L'equazione stechiometrica ed il suo significato quantitativo: calcoli stechiometrici. Tipi di reazioni; le reazioni di ossidoriduzione. Il numero di ossidazione ed il suo calcolo.

Bilanciamento delle reazioni di ossidoriduzione con diversi metodi. Cenni di nomenclatura per i composti inorganici più comuni.

Termodinamica ed equilibrio chimico.

Sistemi termodinamici; variabili di stato; trasformazioni reversibili e irreversibili. Lavoro nei sistemi termodinamici; lavoro in vari tipi di trasformazioni. Lavoro e calore: il 1° principio della termodinamica, l'energia interna e l'entalpia. Capacità termiche; calori molari a volume e a pressione costante. Termochimica: calori di reazione a volume e a pressione costante. Entalpie di formazione; stati standard ed entalpie standard. Entalpie di combustione, di soluzione, e calori latenti. La legge di Hess e sue applicazioni; cenni sull'equazione di Kirchoff. Criteri di spontaneità di una trasformazione termodinamica: energia e probabilità termodinamica di stato. Il 2° principio e l'entropia; significato probabilistico dell'entropia. Entropia nei sistemi isolati. Trasformazioni spontanee e condizioni di equilibrio per un sistema non isolato; energia libera e lavoro utile. Reazioni termodinamicamente favorite e reazioni sfavorite. Energia libera di reazione, energia libera di formazione, valori standard. Dipendenza dell'energia libera da T e P. Energia libera di un gas ideale, di gas ideali in miscela, e di soluzioni ideali. Cenni sull'energia libera di sistemi reali, e sui coefficienti di attività. Energia libera di liquidi e solidi puri. Energia libera ed equilibrio chimico: la costante di equilibrio K. Posizione dell'equilibrio ed energia libera standard della reazione. Varie espressioni di K; cenni sui sistemi reali. Equilibrio nei sistemi liquidi omogenei; equilibrio nei sistemi eterogenei. Spostamento dell'equilibrio; effetto della pressione e della presenza di un gas inerte; effetto della temperatura ed equazione di Van't Hoff. Calcolo del grado di avanzamento e del rendimento di una reazione all'equilibrio.

Equilibri ionici in soluzione: l'autoprotolisi dell'acqua. pH e pOH. Acidi e basi secondo Bronsted e Lowry; forza degli acidi e delle basi, anfoteri. Esempi di acidi e basi coniugati, forti e deboli; acidi e basi poliprotici. Neutralizzazione, idrolisi, soluzioni tampone. Elettroliti anfoteri. Calcoli sugli equilibri ionici in soluzione acquosa: impostazione rigorosa ed approssimata. Equilibrio di solubilità. Acidi e basi secondo Lewis.

Gli stati di aggregazione della materia.

Richiami alle leggi fondamentali dello stato gassoso: il modello del gas ideale e l'equazione di stato dei gas perfetti; miscele di gas ideali. I gas reali e l'equazione di Van Der Waals (cenni). Temperatura critica; lo stato supercritico (cenni). Lo stato liquido: la tensione di vapore e la temperatura di ebollizione. Le soluzioni; modi di esprimerne la composizione. La legge di Raoult per le soluzioni ideali e le proprietà colligative. Lo stato solido: solidi amorfi e cristallini (cristalli ionici, covalenti, molecolari, atomici e metallici).

Equilibri tra fasi diverse.

La regola delle fasi; sua applicazione in casi semplici. Equilibri di fase ad un componente ed equazione di Clausius-Clapeyron. Diagrammi di stato dell'acqua, del diossido di carbonio e dello zolfo. Diagrammi di stato di sistemi a due componenti.

Elettrochimica.

Generalità sui potenziali elettrodi. Celle (pile) chimiche reversibili; la pila Daniell. Vari tipi di semielementi galvanici. Termodinamica elettrochimica: forza elettromotrice di una cella ed equazione di Nernst. Potenziali di un semielemento: l'elettrodo ad idrogeno e

la serie dei potenziali standard di riduzione. Pile di uso comune; pile di concentrazione. Gli accumulatori; accumulatore al piombo. Elettrolisi; leggi di Faraday e loro applicazioni. Elettrolisi e serie dei potenziali standard: selezione delle reazioni di scarica agli elettrodi, tensione di decomposizione e sovratensione. Esempi di elettrolisi di soluzioni acquose e di sali fusi. Cenni sulla corrosione elettrochimica dei metalli.

Cinetica chimica.

Definizione della velocità di reazione. Equazione cinetica e ordine di reazione; reazioni elementari e moleolarità; reazioni in più stadi. Integrazione delle equazioni cinetiche nel caso delle reazioni del 1° e del 2° ordine. Influenza della temperatura sulla velocità di reazione: l'equazione di Arrhenius e la sua interpretazione tramite la teoria degli urti intermolecolari. Meccanismo di reazione e complesso attivato: l'energia di attivazione ed il fattore sterico. L'equilibrio chimico dal punto di vista cinetico. Cenni sulla cinetica delle reazioni in soluzione. La catalisi: catalizzatori e inibitori. Catalisi omogenea, catalisi eterogenea.

Gli elementi chimici.

Le famiglie di elementi tipici. I, II e III gruppo: stati di ossidazione, principali composti, proprietà e impieghi. Elementi del IV gruppo: stati di ossidazione, principali composti e impieghi nel caso di carbonio e silicio. Elementi del V gruppo: stato naturale, proprietà, principali composti e impieghi di azoto e fosforo. Il VI gruppo: stati di ossidazione, proprietà, principali composti di ossigeno e zolfo. Principali stati di ossidazione, proprietà e composti degli elementi del VII gruppo. Elementi di transizione e loro caratteristiche generali: alcuni esempi. Cenni sui gas nobili.

Chimica organica.

Gruppi funzionali, nomenclatura dei principali composti. Cenni sui polimeri.

Testi consigliati:

R.A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di chimica per ingegneria*, CEDAM, III° ed., Padova, 1994.

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di chimica*, UTET, II° ed., Torino, 1990.

P. MANARESI, E. MARIANUCCI, *Problemi di chimica per ingegneria*, ESCULAPIO, III° ed., Bologna, 1997.

CHIMICA INDUSTRIALE (vedi 41)

CHIMICA ORGANICA (vedi 41)

CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI (vedi 42)

COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE E AEROPORTI (vedi 42)**COSTRUZIONI IDRAULICHE (vedi 42)****DIRITTO DELL'AMBIENTE**Docente: **Dario Bortolotti** ricerc.

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 TECNICO INDUSTRIALE (vedi 50)

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (vedi 41)

ELEMENTI DI ECOLOGIA

Docente: **Anna Letizia Zanotti**, ric.

- 1) Il problema dell'origine della vita sulla terra.
- 2) La composizione chimica della materia vivente: costituenti organici ed inorganici.
- 3) I livelli fondamentali dell'organizzazione dei viventi: i Virus, i Procarioti e gli Eucarioti; loro ultrastruttura, organizzazione e riproduzione.
- 4) La sintesi proteica, il codice genetico e il ciclo della cellula eucariote.
- 5) Lineamenti di genetica elementare: le leggi di Mendel e le loro più comuni eccezioni; concetto di gene e di mutazione. Cenni sullo sviluppo embrionale.
- 6) La dottrina dell'evoluzione biologica: da Lamarck a Darwin e il Neo-Darwinismo mutazionista; concetto di specie e di popolazione; la micro e macro-evoluzione.
- 7) Cenni sui criteri di classificazione degli esseri viventi.
- 8) Il concetto sistemico dell'ambiente: ambiente fisico e comunità; ambiente fisico: terrestre ed acquatico. I produttori, i consumatori e i decompositori.
- 9) L'ecosistema: definizione, struttura, funzioni, controlli; energia degli ecosistemi e loro classificazione.
- 10) Produttività e produzione: catene, reti alimentari, livelli trofici, piramidi ecologiche e flussi energetici.
- 11) Le comunità ecologiche: loro descrizione statica e dinamica; le successioni ecologiche: stadio di climax.
- 12) I cicli biogeochimici: il ciclo dell'azoto, del CO₂, del CO e del CH₄, del fosforo, dello zolfo e dell'acqua. Concetto di piogge acide ed effetto serra.

13) I rapporti tra gli organismi viventi: le interazioni positive e negative.

14) Analisi di ecosistemi: l'ambiente marino, d'acqua dolce e terrestre, concetto di Bioma ed Ecotono. Notizie sulla teoria della deriva dei continenti.

15) Degradazione ambientale: generalità su alcuni inquinanti degli ecosistemi acquatici e terrestri, eutrofizzazione, inquinamento termico, da idrocarburi e nucleare.

16) Il controllo biologico delle acque: bioindicatori e indici biologici.

Testi consigliati:

ODUM, *Basi di Ecologia*, Ed. Piccin, Padova.

GRASSO, *Lezioni di Biologia Generale*, Ed. Milella, Lecce.

ELETTROTECNICA (vedi 42)

ELETTROTECNICA II

Docente: **Fiorenzo Filippetti** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di fornire agli allievi ingegneri un approfondimento delle problematiche relative alle applicazioni dell'Elettrotecnica in campo impiantistico ed industriale.

Con particolare attenzione verranno esaminati gli aspetti connessi alla valutazione di impatto ambientale (VIA), nell'ambito delle recentissime normative legate alle direttive CEE.

Fonti energetiche. Centrali di produzione, vari tipi di impianto: idroelettrici termoelettrici e nucleari.

Problemi ambientali legati alla produzione di energia elettrica. Interventi primari e secondari, normative di legge e limiti di attuazione. Generatori sincroni e trasformatori.

Linee elettriche: equazioni e costanti caratteristiche, linee aeree e linee in cavo, circuiti equivalenti.

Elementi costruttivi delle linee e cenni sul progetto elettrico e meccanico. Valutazione di impatto ambientale nelle linee elettriche. Ricerca del tracciato con approccio globale nel rispetto dei vari tipi di vincolo. Limiti del campo elettrico e magnetico e zone di rispetto in prossimità delle linee.

Motori asincroni e motori a corrente continua. Problemi di avviamento e campi di applicazione.

Conversione statica dell'energia elettrica: raddrizzatore, inverter e chopper. Cenni sugli azionamenti dei motori asincroni e dei motori a corrente continua. Applicazioni nel settore industriale e del trasporto. Veicoli elettrici e principali schemi costruttivi.

Testi consigliati:

Appunti informali del docente.

F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica generale*, Pitagora, Bologna.

R. MIGLIO, C. TASSONI, *Trasformatori monofasi trifasi e speciali*, Pàtron, Bologna.
 F. ILICETO, *Lezioni di Elettrotecnica vol. III impianti*, La Goliardica, Roma.
 FITZGERALD, KINGLSEY, KUSKO, *Macchine elettriche*, Franco Angeli, Milano.

Propedeuticità:

È indispensabile avere superato l'esame di Fisica II ed avere frequentato le lezioni dell'insegnamento generale di Elettrotecnica.

FISICA GENERALE I (vedi 41)

FISICA GENERALE II (vedi 49)

FISICA TECNICA AMBIENTALE

Docente: **Massimo Garai** prof. ass.

Programma

Richiami di Termodinamica generale.

Primo e secondo principio. Entropia e lavoro perduto.

Temperatura termodinamica. Scale di temperatura e misure di temperatura. 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 vapor 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.

Conduzione con generazione. Misure di conduttività termica.

Richiami di Fluidodinamica.

Fluidi newtoniani e non newtoniani. Fenomeni di trasporto. Equazioni fondamentali del moto isoterma. 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 isoterma. 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 allacciate e parzialmente allacciate. 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 vapor d'acqua attraverso le strutture edilizie. Diagramma di Glaser.

Benessere termoigrometrico.

Bilancio energetico corpo umano-ambiente. Metabolismo e termoregolazione del corpo umano. Equazione del benessere e diagrammi di Fanger. Indici di discomfort globale: PMV, PPD, ET*. Indici di discomfort locale.

Qualità dell'aria.

Sostanze inquinanti dell'aria interna. Valutazione dell'inquinamento dell'aria interna. Controllo dell'inquinamento dell'aria interna.

Acustica.

Equazione delle onde acustiche. Pressione ed intensità acustiche. Cenni sul sistema uditivo umano. Scala dei decibel. Cenni di analisi in frequenza. Riverberazione. Isolamento acustico. Materiali fonoassorbenti e materiali fonoisolanti.

Illuminotecnica.

Grandezze fondamentali e loro relazioni. Illuminazione artificiale di interni. Illuminazione artificiale di esterni. Illuminazione naturale di interni.

Esercitazioni.

Gli esercizi svolti in aula sono parte integrante ed essenziale dell'Insegnamento.

Testi consigliati:

- A. COCCHI, *Elementi di Termofisica generale e applicata*, Esculapio Editrice, Bologna, 1990.
 G. MONCADA LO GIUDICE, M. COPPI, *Benessere termico e qualità dell'aria interna*, Masson, Milano, 1997.
 G. MONCADA LO GIUDICE, S. SANTOBONI, *Acustica*, Masson/ESA, Milano, 1995.
 G. MONCADA LO GIUDICE, A. DE LIETO VOLLARO, *Illuminotecnica*, Masson/ESA, Milano, 1993.

Esami.

Studenti dell'Insegnamento annuale: una singola prova orale.

Studenti che hanno già sostenuto l'Insegnamento semestrale: discussione di una tesina (da concordare).

FONDAMENTI DI INFORMATICA

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, interruzioni 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.

FOTOGRAMMETRIA (vedi 42)**GEOFISICA APPLICATA**Docente: **Giovanni Santarato** ric.

Generalità sulla posizione dei problemi e sui metodi di indagine della Geofisica Mineraria. Aspetti geologici e aspetti geofisici della ricerca. Metodo gravimetrico. Il campo normale della gravità: pendoli, gravimetri e bilancia di torsione. Riduzione delle misure di gravità: correzione di Faye, di Bouguer e correzione topografica. Ipotesi isostatica. Influenza dei corpi celesti sulla gravità: esecuzione di prospezioni gravimetriche. Calcolo e riduzione dei corpi celesti sulla gravità: esecuzione di prospezioni gravimetriche. Calcolo e riduzione dei valori osservati. Interpretazione dei risultati di un rilievo gravimetrico: metodo diretto e metodi indiretti. metodo magnetometrico: generalità. Proprietà magnetiche delle rocce. Campo magnetico terrestre. Strumenti di misura del campo magnetico: variometri magnetici. Esecuzione di prospezioni geomagnetiche. Riduzione dell' misure. Calcoli ed interpretazione dei risultati. Metodi sismici. Generalità. Proprietà elastiche delle rocce. Onde elastiche e loro propagazione. Teoria della sismica a rifrazione: dromocrone. Determinazione delle profondità di più stati sovrapposti. Dromocrone caratteristiche dei principali tipi di formazioni. Esecuzione di prospezioni sismiche: profili continui, profili incrociati, rilievi a ventaglio. Riduzione dei valori osservati ed interpretazione dei risultati. Teoria della sismica e riflessione. Determinazione della velocità. Calcolo della profondità e della inclinazione di uno strato con il metodo a riflessione. Rilievo delle strutture più interessanti dal punto di vista minerario. Apparecchiature sismometriche e loro funzione. Teoria dei sismografi. Apparecchiature per l'amplificazione, il filtraggio e la registrazione. Vari tipi di marcatempo. Riduzione delle misure ed interpretazione dei risultati. Metodi elettrici. Generalità. Proprietà elettriche delle rocce. Classificazione dei metodi elettrici. Metodo dei potenziali spontanei: considerazioni teoriche; Elettrodi impolarizzabili. Apparecchiature per l'esecuzione delle misure. Interpretazione dei risultati. Prospezioni geoelettriche con il metodo della resistività apparente. Studio di due terreni di resistività diversa sovrapposti. Metodo di Hummel. Curve di Tagg. Teoria di S. Stefanescu. Studio di tre terreni. Metodo di calcolo di Flathe. Corrispondenza tra il metodo di Hummel e quello di Stefanescu. Esecuzione delle misure ed interpretazione dei risultati. Carotaggio elettrico. Carotaggio radioattivo: cenno.

Testi consigliati:

Dispense dell'insegnamento (in distribuzione presso l'Istituto).

C. MORELLI, *Geofisica applicata*, Trieste, 1967.G. FULCHERIS, *Corso di Geofisica mineraria*, voll. I e II, Levrotto e Bella, Torino, 1969.DOBRI, *Introduction to Geophysical Prospecting*, McGraw-Hill, 1975.

GEOLOGIA

Docente: **Pietro 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. Macmillan Pub. Co. (in inglese).

PRESS F., SIEVER R., *Introduzione alle Scienze della Terra*, Zanichelli.

AA.VV., *Enciclopedia Cambridge. Scienze della Terra*, Editori Laterza.

PIERI M., *Petrolio*, Zanichelli.

Dispense integrative fornite dal docente.

GEOLOGIA APPLICATA

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.

L'Insegnamento fornisce le nozioni propedeutiche di litologia geologia e rilevamento geologico-tecnico per la risoluzione dei problemi geologici che di volta in volta si presentano nei diversi settori e territori in cui opera l'Ingegnere dell'Ambiente e del Territorio.

Programma

Elementi propedeutici sul ciclo geodinamico endogeno ed esogeno, sulla Geologia stratigrafica e Strutturale, sui processi di formazione delle rocce e loro classificazione; Tecniche di rilevamento ed elaborazione di carte geologiche e geotematiche. Caratterizzazione tecnologica delle rocce come materiali da costruzione. Esplorazione geologica del sottosuolo, correlazione di dati di sondaggi, metodi di indagini geofisiche nella prospezione geologica. Descrizione degli elaborati geologici.

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.

Cenni di Geomorfologia: 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 antropica. Aspetti geoapplicativi legati alla definizione dell'idoneità di siti per discariche controllate.

Problemi geologico-tecnici nella progettazione di strutture varie 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 dell'impatto ambientale delle dighe. Geologia delle fondazioni scelta dei diversi tipi in funzione delle caratteristiche dei terreni e degli assetti strutturali delle rocce.

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. Geologi adelle 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.

Cicli di *esercitazioni* per lettura degli elaborati geologici e la pratica sul riconoscimento delle rocce con escursioni sul terreno. 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.

Le esercitazioni, in più turni, iniziano nella settimana successiva all'avvio delle lezioni e proseguono al ritmo di 1 ora alla settimana fino alla fine dell'anno accademico.

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.

GEOMETRIA E ALGEBRA (vedi 41)

GEOSTATISTICA APPLICATA

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 sperimenta-

li 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; Anamorfofi: 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. JOURNAL-C. HUIJBREGTS, *Minings Geostatistics*, Academic Press Inc Ltd, London, 1978.
 J. RIVOIRARD, *Non Linear Geostatistics*, Clarendon Press Oxford, Oxford, 1994.
 H. WACKERNAGEL, *Multivariate 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.

GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE (vedi 42)**GIACIMENTI MINERARI**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 minerali. Le Province 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*, Chapman & 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 HUUBRECHTS 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 (vedi 40)**IDROGEOLOGIA APPLICATA**

Docente: **Fulvio Ciancabilla** prof. ord.

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 (vedi 42)

IMPIANTI MINERARI

Docente: **Sante Fabbri** prof. ass.

Finalità dell'insegnamento

Illustrare criticamente la scelta delle macchine e degli impianti, nelle miniere, nelle cave e nelle opere 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 sottoterraneo: 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 antigrisuose. Cavi elettrici di miniera. Trasformatori e motori elettrici. Eduzione delle acque; difesa attiva e passiva dalle acque; I mezzi di eduazione, 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.

INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE (vedi 41)**INGEGNERIA DEGLI SCAVI**

Docente: **Sante Fabbri** prof. ass.

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

Docente: **Gian Luigi Chierici** prof. ord.

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 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. Evoluzione nel tempo del regime di flusso.

- L'interpretazione delle prove di produzione nei pozzi ad olio: il problema della nonunivocità. Calcolo delle $pD(tD)$ per 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 pressione nei pozzi a gas.

- L'ingresso d'acqua nei giacimenti: equazioni empiriche di Schiluis 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.

Testi consigliati:

G.L. CHIERICI, *Principi di ingegneria dei giacimenti petroliferi*, vol. 1, Agip S.p.A. Editore (settembre 1989) - Tutto il volume, tranne il Capitolo 8.

G.L. CHIERICI, *Principi di ingegneria dei giacimenti petroliferi*, vol. 2, Agip S.p.A. Editore (febbraio 1990) - Solo i Capitoli 10, 11 e 12.

I due volumi vengono forniti gratuitamente agli studenti dell'Insegnamento dalla Agip S.p.A.

L'Insegnamento consiste in lezioni ed esercitazioni di calcolo.

Esami: orali.

Propedeuticità consigliate: è opportuno avere già seguito i corsi di Geologia, Fisica tecnica ed Idraulica.

Tesi di laurea: di indirizzo pratico, con ricorso a programmi di calcolo automatico, e possono venire parzialmente svolte in collaborazione con Agip S.p.A.

INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME

Docente: **Fulvio Ciancabilla** prof. ord.

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 rocciosi e dei minerali estratti dal suolo e dal sottosuolo, per il trattamento dei rifiuti solidi e per la chiarificazione delle acque.

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 pre-trattamento 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.



Testi consigliati:

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.

Durante l'Insegnamento si svolgono diverse *esercitazioni* di calcolo e laboratori dimostrativi, nonché eventuali accessi ad impianti.

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.

INGEGNERIA DEL TERRITORIO (vedi 40)

INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE (vedi 42)

INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE II

Docente: **Gianni Luigi Bragadin** prof. ord.

Programma

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.

Letture dei prg, regolamenti edilizi e igiene.

Studio ambientale piano 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.

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) Il progetto di impianti di trattamento delle acque reflue. Impianti comunali, consortili; progetto preliminare, definitivo; provenienti da

2.1 fognature miste: determinazione delle portate, sfioratori, vasca di arrivo, ripartitori, schermo dell'impianto. Modalità per la progettazione definitiva di tutte le opere civili ed elettromeccaniche dell'impianto. Relazione, calcoli e tavole grafiche.

2.2 fognatura separata; modalità per la progettazione di tutte le opere civili ed elettromeccaniche dell'impianto. Relazione, calcoli e tavole grafiche.

Apparecchiature di controllo e misura.

Esercitazioni

L'Insegnamento prevede una serie di esercitazioni, visite tecniche e conferenze sugli argomenti del programma.

Testi consigliati:

METCALF & EDDY, *Wastewater engineering treatment disposal reuse*, McGraw-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.

INTERAZIONE FRA LE MACCHINE E L'AMBIENTE

Docente: **Agostino Gambarotta** prof. ass.

Obiettivo dell'Insegnamento è lo studio delle interazioni tra l'ambiente e le macchine con particolare riferimento alle emissioni inquinanti all'impatto ambientale relativo ai principali sistemi energetici oggi utilizzati o proposti per la produzione di energia.

Vengono presentate le principali emissioni inquinanti (chimiche, acustiche e termiche), analizzandone gli effetti e le conseguenze sull'uomo e sull'ambiente. In quest'ambito vengono considerati i processi di combustione, nonché le caratteristiche e la classificazione dei combustibili oggi impiegati.

Vengono quindi descritte le problematiche e le soluzioni attualmente utilizzate per controllare e limitare l'inquinamento ambientale, con riferimento sia ai sistemi energetici tradizionali (motori a combustione interna, sistemi motori a vapore, con turbina a gas e nucleari; sistemi energetici combinati e per cogenerazione), sia a quelli non tradizionali (che utilizzano fonti energetiche rinnovabili).

Principali metodologie e la strumentazione utilizzata per la misura delle emissioni inquinanti, unitamente a considerazioni di carattere economico ed a cenni sulla normativa vigente.

1. *Premesse e concetti introduttivi.*

2. *L'inquinamento derivante dall'esercizio delle macchine e dei sistemi energetici.* Impatto ambientale ed emissioni inquinanti (chimiche, termiche, acustiche) connesse all'esercizio delle macchine e dei sistemi per la produzione di energia. Principali emissioni inquinanti (CO_2 , CO, NO_x , SO_x , particolato), meccanismi di formazione e conseguenze sull'am-

biente. Problematiche connesse con la riduzione delle emissioni di CO₂: combustibili alternativi e fonti energetiche alternative.

3. *Turbine a gas*. Gruppi turbogas per produzione di energia e delle turbine a gas per propulsione aeronautica. Influenza delle condizioni operative e delle caratteristiche dei combustibili impiegati. Metodi per la riduzione delle emissioni: criteri di progettazione della camera di combustione e tecniche di post-trattamento dei gas combusti.

4. *Sistemi a vapore per la produzione di energia*. Caratteristiche dei generatori di vapore. Problematiche connesse con l'inquinamento termico derivante dai sistemi a vapore. Metodi per il controllo e la riduzione delle emissioni: progettazione del generatore di vapore e post-trattamento dei fumi.

5. *Motori a combustione interna alternativi*. Emissioni inquinanti caratteristiche dei MCI ad accensione comandata e Diesel. Effetto delle variabili motoristiche e delle condizioni operative. Sistemi alternativi di propulsione nei trasporti ed impiego di combustibili non tradizionali. Richiami sulla normativa vigente (nazionale ed internazionale) relativamente alle emissioni da MCI.

6. *Sistemi non convenzionali per la produzione di energia*. Impiego di fonti energetiche non convenzionali.

7. Misura delle emissioni inquinanti. Metodologie e strumentazione per la misura delle emissioni inquinanti delle macchine e dei sistemi per la produzione di energia.

Testi consigliati:

R. VISMARA, *Ecologia Applicata*, Hoepli, 1992.

M.L. DAYS, D.A. CORNWELL, *Introduction to Environmental Engineering*, McGraw-Hill, 1991.

M. DELANETTE, *Les automobiles et la pollution: techniques anti-pollution*, E.T.A.I., 1989.

P.A. VESILIND, J.J. PEIRCE, R. WENIER, *Environmental Engineering*, Butterworth Publishers, 1988.

J.H. HORLOCK, *Cogeneration-Combined Heat and Power (CHP)*, Pergamon Press, 1987.

A.H. LEFEBVRE, *Gas Turbine combustion*, McGraw-Hill, 1983.

R. WILSON, W.J. JONES, *Energia, Ecologia ed Ambiente*, Casa Editrice Ambrosiana, 1978.

I. GLASSMAN, *Combustion*, Academic Press, 1977.

MACCHINE

Docente: **Antonio Peretto** prof. ass.

Sistemi Energetici

- Equazione generale del moto dei fluidi in forma meccanica e termica.
- Diagramma T, s. Diagramma p.v. Trasformazioni di isocore, isobare, isoterme, isentropiche.
- Ciclo di Brayton. Rendimento interno per una compressione ed espansione. 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.

- Potere calorifico inferiore e superiore. Combustione. Rugiada acida. Normal metro cubo. Aria teorica e reale. Eccesso d'aria. Consumo specifico.
- Catena dei rendimenti nelle trasformazioni da energia chimica ad energia elettrica.
- Scambiatori di calore in equicorrente, controcorrente a correnti incrociate e compatte. Efficienza. Diagramma T, q. AT medio logaritmico.
- Gruppo turbogas (TG) a ciclo semplice. Schema di impianto. Diagramma T, s (ideale e reale). Rendimento e potenza. Consumo e lavoro specifico. Andamento del rendimento e del lavoro specifico in funzione del rapporto di compressione.
- Gruppo TG a ciclo rigenerativo. Schema di impianto. Diagramma T, s. Valutazione della condizione limite di rigenerazione.
- Gruppi TG bialbero, a compressione frazionata interrefrigerata e/o ad espansione frazionata interriscaldata.
- Impianti a vapore. Schema di impianto elementare. Cicli Rankine e di Hirn e relativi diagrammi T, s.
- Influenza dell'abbassamento della pressione di condensazione negli impianti a vapore. Il condensatore. Schema, principio di funzionamento ed equazioni fondamentali.
- Impianti a vapore a surriscaldamento. Schema di impianto. Diagramma T, s. Valutazione analitica della convenienza del surriscaldamento.
- 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. Impianto a tre spillamenti.
- Impianti a ciclo combinato gas-vapore. Schema di impianto. Diagramma T, s. Espressione analitica del rendimento di conversione. Cenni sui due livelli di pressione e post-combustione.
- Impianti cogenerativi. Schemi e diagrammi Qt, Pe di impianti cogenerativi con TG a recupero semplice, a ciclo combinato, a vapore in contropressione e in derivazione. Grandezze di uso comune negli impianti cogenerativi.
- Strategie di gestione.
- Generatori di vapore. Temperatura di parete. Schema e principio di funzionamento del generatore.

Turbomacchine

Equazione di Eulero.

Pompa centrifuga. Schema della macchina. Triangoli di velocità. Moto del fluido. Prevalenza teorica in funzione della portata per pale in avanti radiali e all'indietro. Prevalenza reale. Adescamento, cavitazione e NPSH. Pompe in serie e parallelo. Pompa multicellulare ed a elica.

Macchine volumetriche

- Motori a combustione interna (MCI). Ciclo Sabathe, ciclo Otto e ciclo Diesel. Rendimento del ciclo Sabathe.
- Pressione media effettiva e indicata. Velocità media del pistone. Rendimento per via termica dei MCL
- Detonazione. Numero di ottano.
- Frazionamento della cilindrata a parità di potenza e di cilindrata.

Testi consigliati:

Per la parte "Sistemi Energetici":

G. NEGRI DI MONTENEGRO, D. MORO, G. NALDI, *Corso di Macchine I - Sistemi e componenti termici*, Ed. Pitagora.

G. MINELLI, *Turbine a gas*, Ed. Pitagora.

G. MORANDI, *Macchine ed apparecchiature a vapore e frigorifere*, Ed. Pitagora.

GIOVANNI LOZZA, *Turbine a gas e cicli combinati*, Ed. Progetto Leonardo, Bologna.

Per la parte "Turbomacchine":

G. MINELLI, *Macchine idrauliche*, Ed. Pitagora.

Per la parte "Macchine Volumetriche":

G. MINELLI, *Motori a combustione interna*, Ed. Pitagora.

G. NEGRI DI MONTENEGRO, G. NALDI, A. PERETTO, *Corso di Macchine II - Macchine volumetriche trasmissioni meccaniche*, Ed. Pitagora.

Esame: orale.

MECCANICA DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO

Docente: **Giovanni Brighenti** prof. ord.

L'Insegnamento è articolato in tre parti. Nella prima vengono fornite le nozioni di base per lo studio unitario del moto dei fluidi nel sottosuolo.

La seconda è dedicata allo studio degli acquiferi e della loro gestione razionale.

La terza parte introduce allo studio dei fluidi geotermici (ad alta e a bassa entalpia) e delle acque termominerali.

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 polifasico di fluidi immiscibili.

2 - Trasporto di sostanze solubili.

3 - Moto nelle rocce 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.

Terza parte

1 - Elementi di meccanica dei serbatoi geotermici.

2 - Utilizzo dei fluidi geotermici ad alta e a bassa entalpia.

3 - Le acque termominerali: captazione e utilizzo.

Appunti del docente (fotocopie)

Esami: orali.

Propedeuticità consigliata: Idraulica.

Tesi di Laurea: teoriche, sperimentali, di calcolo.

MECCANICA DELLE ROCCE

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 caratteristiche 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 elastico non 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 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.

5. La determinazione in laboratorio delle caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale roccioso - Le prove di compressione monoassiale e triassiale - 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 classificazione dell'ammasso roccioso.

8. La misura dello stato di sollecitazione negli ammassi rocciosi: i metodi dei martinetti idraulici piatti, del deformometro circolare, del e della fratturazione idraulica.

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 non circolari.

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 Mécanique des Roches appliquée aux Ouvrages du Genie Civil*.

E. HOEK, J.W. BRAY, *Rock Slope Engineering*.

A.R. JUMIKIS, *Rock Mechanics*.

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 RAZIONALE (vedi 49)

MINERALOGIA E LITOLOGIA

Docente: **Marco Del Monte** prof. ass.

I minerali nella storia dell'uomo: i minerali degli elementi metallici e i metalli, i minerali argillosi e le terre cotte, il quarzo e i vetri, i pigmenti e la pittura, i minerali di U e Th e l'era nucleare. I minerali nell'ambiente: minerali delle rocce, dei sedimenti, dei suoli, dei giacimenti, degli artefatti; minerali aerodispersi; biominerali. Definizione di minerale, genesi dei minerali, minerali cristallini e amorfi. La simmetria cristallina e la sistematica mineralogica: classi, sistemi e gruppi. La struttura intima dei minerali: reticoli spaziali, costanti cristallografiche, piani reticolari e indici di Miller. Proprietà fisiche scalari: peso specifico, fusibilità; proprietà fisiche vettoriali: forma, sfaldatura, durezza, tenacità, conducibilità elettrica e termica, suscettività magnetica, piezoelettricità; rapporti tra luce e minerali: minerali trasparenti, traslucidi e opachi, il colore e gli elementi cromofori, gli indici di rifrazione, la birifrazione. La cristallochimica: polimorfismo, isomorfismo e vicarianza. Il riconoscimento dei minerali cristallini: cenni sulla natura e sulle proprietà della radiazione-x, la legge di Moseley, piani reticolari e riflessione dei raggi-x, l'equazione di Bragg. Diffrazione a raggi-x e diffrattogrammi: riconoscimento di minerali e miscele di minerali con l'uso delle tavole o del software ICCP. Il metodo di Debye-Scherrer e la lettura degli spettri. Le proprietà fisiche conferite ai minerali cristallini da elementi in tracce e i minerali amorfi: l'analisi chimica. Cenni sulla struttura dell'atomo e sulla spettrometria, l'equazione di Planck-Einstein, la legge di Lambert-Beer. Metodi per l'analisi chimica ad assorbimento (la spettrometria di assorbimento atomico a fiamma e elettrotermica: AAS) e ad emissione (la spettrometria di fluorescenza dei raggi-x: XRF, il plasma a induzione: ICP). Cenni sulla microanalisi (SEM-EDS, TEM-EDS).

Le rocce: definizione di roccia. Le rocce e i grandi eventi che interessano la crosta della pianeta. Rocce eruttive intrusive e effusive, rocce sedimentarie clastiche, biochimiche e chimiche, rocce metamorfiche. Il processo eruttivo intrusivo: batoliti e graniti-granodioriti (pegmatiti e apliti). Il processo eruttivo effusivo: il vulcanesimo, i basalti-andesiti, i fondali oceanici, le dorsali e le isole oceaniche, i plateaux. Le crioliti o porfidi quarziferi (pomice e ossidiane). Genesi dei magmi basaltici e di quelli granitici: la serie di Bowen e la cristallizzazione frazionata, l'anatessi. Mineralogia e chimismo delle rocce eruttive. Il processo sedimentario: la degradazione meteorica, il trasporto, la sedimentazione, la diagenesi. Le rocce clastiche: conglomerati, arenarie e argille. Rocce biochimiche: calcari, dolomie e diatomeiti. Rocce evaporitiche: calcari e gessi. Mineralogia e chimismo delle rocce sedimentarie. Cenni sul processo metamorfico: filladi, micascisti e gneiss. Mineralogia e chimismo delle rocce metamorfiche. Proprietà tecniche delle rocce. Le pietre messe in opera e la durabilità. Altri usi: cementi, cementi idraulici, laterizi. Rocce e suoli.

Testi consigliati:

CAROBBI, *Trattato di Mineralogia*, USES, Firenze, 1971.

B. D'ARGENIO, F. INNOCENTI, F.P. SASSI, *Introduzione allo studio delle rocce*, UTET, Torino, 1994.

H. AUBOUIN, R. BROUSSE, *Compendio di Geologia: 1° Litologia*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 1973.

M. CIABATTI, M. DEL MONTE, *Elementi di Mineralogia e Geologia*, CLUEB, Bologna, 1989.

Appunti dalle lezioni.

Esame orale.

MISURE E CONTROLLI NEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI

Docente: **Ezio Mesini** ric.

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.

Programma

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. 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. di resistività (macro e micro) induttivi e galvanici. Log di porosità acustici e nucleari. Interpretazione dei log: convenzionale, quick look, mediante crossplot, interpretazione in formazioni argillose.

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 fluidi in giacimento e negli impianti di trattamento di superficie mediante apparecchiature PVT.

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 Evaluation*, OGI 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 practice of measuring reservoir rock and fluid transport properties*, Gulf Publishing, Houston, 1996.

Esame orale, con richiami ad applicazioni pratiche delle materie dell'insegnamento.

Propedeuticità consigliate: Fisica tecnica, Meccanica dei giacimenti di idrocarburi.

MODELLISTICA E CONTROLLO DEI SISTEMI AMBIENTALI

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. Le equazioni di Yule-Walker. 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 traiettorie 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 epi-

demia. 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 semplice. Identificabilità strutturale dei sistemi dinamici non lineari: criterio di Pohjanpalto e analisi di sensitività. Applicazione del metodo del semplice alla calibrazione dei parametri dei sistemi non lineari.

Testi consigliati:

- 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.

Modalità d'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.

PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

Docente: **Giovanni Crocioni** prof. ass.

Programma

Obiettivi e contenuti generali

L'Insegnamento ha l'obiettivo di fornire elementi fondamentali di consapevolezza sui problema attuali della pianificazione territoriale e urbanistica.

L'Insegnamento 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 disciplinaie.

A questo medesimo fine sono orientate le esercitazioni pratiche, suddivise fra "Edili" ed "Altri".

Programma delle lezioni

Parte Prima - *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: da

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 Insegnamento, chiarendo, in definitiva, l'insieme dei presupposti e delle premesse concettuali del processo di pianificazione e nello stesso tempo i problemi di merito sui quali occorre operare concretamente, anche nella pratica professionale.

La prima parte dell'Insegnamento viene completata con la pausa delle feste natalizie.

Parte Seconda - *La cultura della città*

1 - Introduzione. La cultura della città.

2 - Le utopie urbanistiche, il marxismo, e l'urbanistica "ufficiale" nelle grandi città europee.

3 - L'urbanistica nel razionalismo europeo.

4 - La scienza urbana e regionale. La programmazione e la pianificazione.

5 - L'urbanistica e l'ambiente.

6 - Spazi e modi attuali dell'urbanistica nell'esperienza italiana.

La seconda parte "La cultura della città" ha il compito di fornire in modo elementare un'informazione di insieme del dibattito culturale sui problemi della città e del piano.

Questa parte, rispetto alla precedente, si caratterizza in modo più evidente per i suoi contenuti disciplinari e come introduzione ai problemi di carattere metodologico, tecnico ed operativo trattati nella terza parte. È evidente anche il suo carattere informativo e culturale reso necessario dalla presenza di molti studenti, di Insegnamenti diversi.

La seconda parte dell'Insegnamento è compresa fra l'inizio dell'anno e la pausa di febbraio.

Parte Terza - *L'urbanistica come pianificazione*

1 - Introduzione ai temi fondamentali della politica di piano

1.1 - Alcune definizioni del concetto di pianificazione.

1.2 - Cenni ad 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 di 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 altri 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 zoning, gli standards urbanistici, gli indici ed i parametri. Gli strumenti di gestione: procedure, convenzioni, oneri di urbanizzazione. La costruzione dei Programmi complessi, la concertazione e la negoziazione, i rapporti con il mercato, la razionalizzazione delle risorse pubbliche.

La terza 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.

Utilizzando le informazioni acquisite viene anche affrontato, in questa terza parte, il problema specifico dei contenuti disciplinari ed operativi della pianificazione.

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.

Testi essenziali

G. CROCIONI, *Il rapporto città-campagna nel dopoguerra. Trasformazioni territoriali e ciclo economico fra il 1945 ed il 1975*, Franco Angeli, 1970.

G. CROCIONI, *Il piano utile. Un'urbanistica del mercato ragionevole ed efficace*, Gangemi Editore, 1997.

Modalità dell'esame

L'esame si svolge sui temi affrontati nell'ambito complessivo dell'Insegnamento, con particolare riferimento alla legislazione urbanistica.

Per quanto riguarda gli argomenti trattati nelle lezioni l'esame farà riferimento alla bibliografia specifica dell'Insegnamento.

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE

Docente: **Franco P. Foraboschi** 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. Monitoraggio. 4. Effetti.
- 2.5. *Il processo di inquinamento ambientale* - 0. Generalità. 1. Concetti elementari di climatologia, meteorologia e idrologia. 2. Considerazioni di carattere generale sul trasporto e la trasformazione degli inquinanti nell'ambiente. 3. Elementi di ecotossicologia. 4. Monitoraggio ambientale.
- 2.6. *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.
- 2.7. *Cenni sulla tutela giuridica dell'ambiente dall'inquinamento* - 1. Le norme di carattere generale. 2. La normativa sanitaria. 3. Le normative contro l'inquinamento ambientale. 4. Le normative per l'igiene e la sicurezza del lavoro. 5. Le normative sulle industrie a rischio d'incidenti rilevanti 6. La procedura di valutazione dell'impatto ambientale. 7. Le direttive CEE. 8. Aspetti delle normative straniere.
3. *Elementi di analisi di processo*
- 3.1. *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.
- 3.2. *Le relazioni di base* - 0. Generalità. 1. Equazioni integrali di bilancio. 2. Stadi di equilibrio. 3. Equazioni cinetiche. 4. Modelli fluidodinamici semplici. 5. Equazioni di bilancio locale di un mezzo continuo. 6. Equazioni costitutive.
- 3.3. *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.

1. FORABOSCHI F.P., *Principi di Ingegneria Chimica*, UTET, Torino, 1973.
2. SCHNOOR J.L., *Environmental Modeling*, Wiley-Interscience, New York, 1996.
3. MACKAY D., *Multimedia Environmental Models*, Lewis, Chelsea, 1991.
4. MARSILI-LIBELLI S., *Modelli matematici per l'ecologia*, Pitagora, Bologna, 1989.
5. EL-HALWAGI M.M., *Pollution Prevention through Process Integration*, Academic Press, San Diego, 1997.
6. CONNELL D.W., *Environmental Chemistry*, Lewis, Boca Raton, 1997.

Esame: consiste in una prova orale e comporta l'uso di un *personal computer* per la soluzione degli esercizi.

PROCESSI BIOTECNOLOGICI AMBIENTALI

Docente: **Carlo Costoli** prof. ass.

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.

PRODUZIONE E TRASPORTO DEGLI IDROCARBURI

Docente: **Guido Gottardi** prof. ass.

L'Insegnamento introduce allo studio di quel comparto dell'attività petrolifera che intercorre dallo sviluppo del campo di idrocarburi alla utilizzazione del prodotto. Vi sono in particolare delineati i principi della produzione e la loro applicazione ai fini della massima efficienza del giacimento; vengono illustrate le tecniche produttive e trattate i principali aspetti del trasporto in condotta.

Programma

Aspetti tecnici ed economici della produzione degli idrocarburi. Il completamento dei 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, gas-lift, cenni su altri tipi di pompe. 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 desolfurazione 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.

Modelli per lo studio del comportamento dinamico dei giacimenti di idrocarburi: modelli monofasici, bifasici, trifasici e composizionali. Discretizzazione alle differenze finite delle equazioni dei modelli. Tecniche risolutive dei modelli discretizzati: IMPES (implicit

pressure explicit saturations), SS (simultaneous solution), SEQ (sequential solution). Metodi diretti ed interattivi per la risoluzione dei sistemi di equazioni algebriche derivanti dalla discretizzazione dei modelli.

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 propriamente detti, scelta del tracciato, dimensionamento in base a criteri economici. Organizzazione dei lavori. Messa in opera delle condotte, organizzazione del cantiere. Attraversamento dei punti speciali. Il collaudo. Problemi di gestione. Cenni sullo staccaggio sotterraneo e sulla liquefazione del gas naturale.

Elementi di politica degli investimenti con riferimento allo sviluppo da giacimenti.

Testi consigliati:

Dispense approvate dal docente.

Manuale di produzione del petrolio, AGIP.

Corso di produzione del petrolio (in francese), Istituto francese del petrolio.

Esame orale, con richiami alle applicazioni pratiche svolte nelle esercitazioni.

Propedeuticità consigliata: Meccanica dei giacimenti di idrocarburi.

Tesi di laurea: 1) Progetti relativi ad impianti produttivi; 2) Temi compilativi e di ricerca; 3) Progetti relativi a modelli numerici di giacimenti di idrocarburi.

PROTEZIONE IDRAULICA DEL TERRITORIO (vedi 42)

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Docente: **Eugenio D'Anna** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di fornire gli elementi fondamentali del calcolo strutturale con particolare riferimento alle ipotesi, ai principi ed alle limitazioni della metodologia di calcolo delle strutture nel campo elastico lineare. A insegnamento ultimato l'allievo dovrebbe essere in grado di impostare e valutare correttamente il grado di sicurezza, nel senso del calcolo elastico, di strutture semplici comunque vincolate e caricate e di iniziare con profitto gli insegnamenti successivi del settore strutturale.

- a) *Analisi degli elementi fondamentali della meccanica applicata alle costruzioni.*
 - a.1) Definizione e studio dello stato di tensione nei mezzi continui.
 - a.2) Definizione e studio dello stato di deformazione nei mezzi continui.
 - a.3) Correlazioni derivanti dall'uso del principio dei lavori virtuali.

- a.4) Ipotesi e limitazioni connesse al modello di comportamento elastico-lineare dei mezzi continui.
- a.5) Criteri per la valutazione del coefficiente di sicurezza in campo elastico.
- b) *Le verifiche di sicurezza col metodo elastico.*
 - b.1) Lo studio del solido ideale schematizzante la trave.
 - b.2) Le verifiche di sicurezza nei diversi casi di sollecitazione semplice.
 - b.3) Le verifiche di sicurezza nei diversi casi di sollecitazione composta.
- c) *I modelli strutturali.*
 - c.1) Le travi.
 - c.2) Le condizioni di vincolamento.
 - c.3) Le azioni interne.
 - c.4) La determinazione delle azioni interne nelle strutture isostatiche.
 - c.5) La determinazione delle deformazioni nelle strutture isostatiche.
 - c.6) La soluzione delle strutture iperstatiche.
 - c.7) La sicurezza delle strutture nei riguardi dei fenomeni d'instabilità.

Testi consigliati:

M. CAPURZO, *Lezioni di Scienza delle Costruzioni*, Pitagora, Bologna.

V. FRANCIOSI, *Scienza delle Costruzioni*, vol. I, Liguori, Napoli.

O. BELLUZZI, *Scienza delle Costruzioni*, vol. I, Zanichelli, Bologna.

A. DI TOMMASO, *Fondamenti di Scienza delle Costruzioni*, Pàtron, Bologna.

L. BOSCOTRECASE, A. DI TOMMASO, *Statica applicata alle costruzioni*, Pàtron, Bologna.

Le esercitazioni svolte durante l'anno hanno la finalità di chiarire con esempi concreti la logica di impostazione necessaria per la soluzione degli esercizi.

Propedeuticità consigliate: si ritiene indispensabile che l'allievo abbia seguito e superato l'esame dei seguenti corsi del biennio: Analisi matematica I, II, Meccanica razionale.

Tesi di laurea. Le tesi possono vertere sui seguenti argomenti:

- Calcolo a rottura delle strutture.
- Stabilità dell'equilibrio elastico.
- Dinamica delle strutture.
- Calcolo strutturale automatico.

STRUTTURE DI FONDAZIONE (vedi 42)

TECNICA DEI SONDAGGI

Docente: **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 rotary: 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.

Durante l'insegnamento vengono svolte *esercitazioni* di calcolo, di laboratorio seminare e visite a impianti.

Testi consigliati:

Appunti del Docente (fotocopie).

CHILINGARIAN e VORABUTZ, *Drilling and Drilling Fluids*, Ed. Elsevier.

RABIA, *Oilwell Drilling Engineering*, Graham and Trotman.

INSTITUT FRANÇAIS DU PÉTROLE, *Cours de Forage*, Ed. Technip.

ENCICLOPEDIA DEL PETROLIO E DEL GAS NATURALE, *Voce Perforazione*, Ed. C. Colombo.

CHIESA, *Pozzi per acqua*, Ed. Hoepli.

AGI, *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*.

A. KÉZDI, *Handbook of Soil Mechanics*, vol. 2: Soil Testing, Elsevier.

HARLAN *et al.*, *Water-well Design and Construction*, Elsevier.

F.G. DRISCOL, *Ground water and wells*, Ed. Johnson.

M. CASSAN, *Les Essais in situ in mécanique des Sols*, Ed. Eyrolles.

M.J. ECONOMIDES *et al.*, *Petroleum well construction*, J. Wiley.

Esami orali.

Propedeuticità consigliate: Geologia, Meccanica delle rocce, Fisica tecnica.

Tesi di Laurea: teoriche, sperimentali, di progetto.

TECNICA DELLA SICUREZZA AMBIENTALE

Docente: **Gigliola Spadoni** prof. ass.

L'Insegnamento si articola in due moduli: il primo è comune per tutti gli indirizzi, il secondo è riservato al solo indirizzo.

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 impatti.

Programma

Modulo I

Lo stato dell'ambiente in Italia e i fattori di pressione.

La *Valutazione di Impatto Ambientale (VIA)*; l'articolazione della procedura, il campo di applicazione e i criteri di attuazione, gli Studi d'Impatto Ambientale (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 per lo studio della dispersione atmosferica di inquinanti (modelli semplici), esempio di impatto di una centrale termoelettrica.

Rischi specifici delle sostanze e dei preparati chimici: i parametri di identificazione, la classificazione, l'etichettatura, le schede di sicurezza. Problemi di igiene e sicurezza industriale. Applicazioni.

Analisi dei rischi delle attività non nucleari a rischio di incidente rilevante: la procedura, ed il campo di applicazione, l'identificazione degli eventi incidentali, la stima delle frequenze e delle conseguenze, interventi per la prevenzione e mitigazione. Applicazioni.

Eco-label, Audit di sicurezza e ambientali: le procedure di attuazione e gli obiettivi.

Elementi per la gestione del rischio ambientale: i criteri di accettabilità e le valutazioni quali-quantitative adottabili, la comunicazione al pubblico.

Modulo 2

Lo 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 monitoraggio della qualità dell'aria: localizzazione dei sistemi, elaborazione statistica dei dati rilevati, modelli interpretativi di rilievi in zone urbane e/o industriali, interventi per il miglioramento della qualità.

Il rischio ambientale da agenti cancerogeni: classificazione e valutazione (identificazione dei pericoli, valutazione del legame dose-risposta (unità di rischio), valutazione dell'esposizione, caratterizzazione del rischio e criteri di accettabilità).

Studi (completi) di impatto ambientale: centrale termoelettrica ad olio combustibile o a carbone.

Seminari specifici sui progetti dell'alta velocità e della variante valico.

Per l'elenco dei *testi consigliati* rivolgersi al Dipartimento di Ingegneria Chimica, Mineraria e delle Tecnologie Ambientali.

TECNICA DELLE COSTRUZIONI

Docente: **Raffaele Poluzzi**, prof. ass.

Finalità 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 articola 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 precomprese.

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 ED ECONOMIA DEI TRASPORTI (vedi 42)

TECNICA URBANISTICA I (vedi 42)

TECNICHE DI ANALISI URBANA E TERRITORIALE (vedi 40)

TECNOLOGIE DI CHIMICA APPLICATA

Docente: **Giorgio Timellini** prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento

Fornire agli allievi una conoscenza di base delle principali classi di materiali, correlandone in particolare le caratteristiche ed i processi di fabbricazione con natura, composizione e proprietà delle materie prime, ed analizzando i principali problemi di impatto ambientale, connessi con la loro fabbricazione ed utilizzazione.

Programma

Introduzione all'Insegnamento

I materiali

Classificazione dei materiali. Proprietà generali. Microstruttura e proprietà fisico-mecchaniche. Richiami sui diagrammi di stato. Le materie prime ed i processi di fabbricazione. I materiali e l'energia.

L'ambiente

Il sistema ambiente e l'inquinamento ambientale. Le sorgenti inquinanti ed il processo di inquinamento ambientale. Inquinamento atmosferico, inquinamento dell'ambiente di lavoro, inquinamento idrico, fanghi e residui solidi. Generalità sugli interventi contro l'inquinamento ambientale. Caratterizzazione e misura dell'inquinamento ambientale.

I prodotti ceramici

Generalità sulle materie prime ceramiche: argille, quarzo, feldspati, carbonati, etc. Ca-

ratterizzazione chimico-fisica ed attitudinale delle materie prime ceramiche. I ceramici per edilizia, per uso domestico, per l'industria (refrattari); i leganti: materie prime, ciclo di fabbricazione, proprietà.

I materiali ceramici e l'ambiente: inquinamento ambientale da processi di fabbricazione ceramica. I residui solidi ed il loro smaltimento/recupero. Problemi ambientali connessi con l'impiego dei materiali ceramici.

I metalli

Generalità sullo stato metallico e sulle proprietà dei metalli. Le materie prime ed i processi metallurgici. Ferro e sue leghe.

I metalli e l'ambiente: inquinamento ambientale da processi metallurgici.

La combustione ed i combustibili

I combustibili fossili nel quadro generale della produzione di energia. Chimica-fisica della combustione.

Il petrolio. Cenni su natura e origine del petrolio. Classificazione e caratterizzazione chimico-fisica ed attitudinale dei grezzi. Processi di lavorazione del petrolio. I derivati del petrolio: gas naturale, GPL, benzine, gasolio, oli combustibili.

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.

Testi consigliati:

- 1) W.F. SMITH, *Scienza e Tecnologia dei Materiali*, McGraw-Hill It., Milano, 1995.
- 2) V. GOTTARDI, *Appunti dalla lezioni di Tecnologia dei materiali e chimica applicata*, Volumi su: Ceramiche, Leganti, Metalli, Combustibili, Ed. Patron, Padova, 1977.
- 3) W. BUCHNER et al., *Chimica Inorganica Industriale*, Ed. Piccin, Padova, 1996.
- 4) L. BRUZZI, *Prevenzione e controllo dell'impatto ambientale*, Ed. CLUEB, Bologna, 1995.
- 5) G. BUSANI, C. PALMONARI, G. TIMELLINI, *Piastrelle ceramiche & Ambiente*, Ed. EDI.CER, Sassuolo, 1995.
- 6) AUTORI VARI, *Manuale dei Materiali per l'Ingegneria*, a cura di AIMAT, McGraw-Hill Ed., Milano, 1996.
- 7) Copia dei lucidi utilizzati dal docente.
- 8) Pubblicazioni specifiche distribuite dal docente.

Esami: L'esame consta di una prova orale.

TOPOGRAFIA

Docente: **Maurizio Barbarella** prof. ord.

Cenni storici. Rappresentazione approssimata dell'ellissoide: campo geodetico e campo topografico. Coordinate curvilinee sull'ellissoide e relazioni reciproche. Cenni di rappresentazione della superficie terrestre su di un piano: carte geografiche.

Strumenti topografici per il rilievo con particolare riguardo a quello sotterraneo. La misura delle distanze mediante onde. Esempi di distanziometri ad onde. Teoria della compensazione delle misure. Variabili statistiche. Osservazioni dirette ed osservazioni condizionate.

Operazioni per il rilievo topografico. Punti di inquadramento e punto di dettaglio: triangolazioni, metodi di riattacco, poligonali e rilievo di dettaglio. Rilievo altimetrico, la livellazione geometrica di precisione. Determinazioni speditive di coordinate geografiche mediante osservazioni astronomiche con particolare riferimento alle applicazioni geominarie.

Topografia di miniera. Necessità di utilizzare strumenti topografici particolari nei rilievi di miniera. Vie di penetrazione nel sottosuolo: pozzi, gallerie e discenderie. Rdievi in superficie di inquadramento del rilievo in miniera. Planimetria sotterranea, illuminazione degli strumenti e dei segnali e loro sistemazione. Misure dirette di lati, misure indirette classiche e con strumenti ad onde. Uso della bussola e dell'ecclimetro di miniera. Collegamento del rilievo in superficie con i rilievi sotterranei. Orientamento in miniera con l'uso del teodolite giroscopico. Confronto tra i vari metodi di orientamento del rilievo in miniera. Altimetria sotterranea. Livellazione trigonometrica e geometrica. Supporti e mire particolari. Livellazione idrostatica e sua utilizzazione in miniera. Dispositivi ed accorgimenti particolari per seguire le deformazioni delle gallerie nel tempo. Applicazione della livellazione per studiare l'abbassamento del suolo in conseguenza di lavori in miniera. Rilievi di profili nelle gallerie. Materializzazione di punti di profili. Tracciamento di gallerie.

Testi consigliati:

Dispense dell'insegnamento (in distribuzione presso l'Istituto).

G. INGHILLERI, *Topografia generale*, UTET, 1974.

T. SEGUITI, *Topografia di miniera*, ed. Hoepli.

G. FOLLONI, *Principi di topografia*, Pàtron, Bologna, 1982.

(47) CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE**AFFIDABILITÀ E CONTROLLO DI QUALITÀ**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, verifiche, 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 elettrici. 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 (binomiale, 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 elementi 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.

ANALISI MATEMATICA I

Docente: **Giovanni Dore** prof. straord.

ANALISI MATEMATICA II (vedi "informaz.")

AUTOMAZIONE INDUSTRIALE (vedi "informaz.")

CHIMICA

Docente: **Maurizio Fiorini** ric.

COMUNICAZIONI ELETTRICHE

Docente: **Roberto Verdone** prof. inc.

L'Insegnamento si prefigge lo scopo di fornire gli elementi essenziali per comprendere le problematiche connesse alla gestione ed al progetto di un sistema di telecomunicazioni.

A tal fine, il programma è diviso in due parti, non trattate in sequenza, ma che si alternano durante lo svolgimento delle lezioni:

- una parte più teorica (parte A), che fornisce i principi fondamentali delle comunicazioni elettriche e dei sistemi di telecomunicazione analogici e numerici, via radio e via cavo;
- una parte più descrittiva (parte B), che illustra le caratteristiche principali di alcuni sistemi di comunicazione di uso comune e grande sviluppo futuro e lo scenario globale che li coinvolge: si accenna alla rete cellulare GSM, al sistema di localizzazione satellitare GPS, alla diffusione via satellite di segnali televisivi, sia in formato analogico sia digitale, alla televisione interattiva, ad Internet.

Parte A: programma particolareggiato

Introduzione:

Il principio delle comunicazioni elettriche. Schema a blocchi di un collegamento di telecomunicazioni. Cenni sui mezzi di trasmissione. Scenario delle telecomunicazioni.

Segnali determinati:

Rappresentazione fasoriale di un segnale. Potenza ed energia di un segnale. Serie di Fourier: spettro di ampiezza e fase. Trasformata di Fourier: spettro di ampiezza e fase. Funzioni di auto e crosscorrelazione. Densità spettrale di potenza.

Sistemi

Sistemi lineari e tempo-invarianti. Funzione di trasferimento. Caratteristica di ampiezza e fase. Distorsione di un segnale. Filtri elettrici.

Segnali aleatori

Cenni di teoria delle probabilità, delle variabili aleatorie, dei processi aleatori. Rumore termico.

Sorgenti di segnali

Quadripoli rumorosi. Cifra e temperatura di rumore. Banda equivalente di rumore di un filtro. Segnali analogici e numerici: teorema sul campionamento. Segnale audio, telefonico, televisivo monocromatico. Segnale telegrafico, dati. Conversione A/D e D/A. Affasciamento di segnali.

Sistemi di telecomunicazione in banda base.

Schema a blocchi. Codificazione di linea e processamento del segnale. Segnali analogici: condizioni di non distorsione. Segnali numerici: segnale PAM, interferenza intersimbolo, diagramma ad occhio e criterio di Nyquist.

Sistemi di telecomunicazione passabanda:

Schema a blocchi. Modulazione e demodulazione. Principi di teoria della rivelazione. Segnali AM, DSB-SC, SSB, SSB-SC e VSB, FM e PM, QAM. Segnali BPSK, QPSK, M-PSK, M-QASK

Sistemi di telecomunicazione via radio

Schema a blocchi. Antenne. Bilancio di collegamento.

Testi consigliati

B. CARLSON, *Communication Systems - Third Ed.*, McGraw-Hill.

Esame

Prova scritta e orale. È prevista una prova intermedia il cui superamento permette l'accesso alla sola prova orale finale.

CONTROLLI AUTOMATICI

Docente: **Umberto Soverini** ric.

L'insegnamento 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

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, diagnosi ed incasellamento. Stabilità rispetto a perturbazioni dello stato iniziale e dell'ingresso. Stati di equilibrio. Linerizzazione 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. ed i.l.u.s. Assegnabilità degli autovalori con retroazione stato-ingresso ed uscita-ingresso. Osservatori asintotici dello stato. La retroazione dello stato stimato mediante un 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, di Nyquist e di Nichols. Sistemi a fase minima e formula di Bode. Proprietà generali dei sistemi in retroazione. Errori di 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 correttive anticipatrici, ritardatrici, a ritardo ed anticipo. Sintonizzazione dei regolatori standard.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono parte integrante dell'Insegnamento 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. E prevista l'utilizzazione di personal computer, con codici di calcolo orientati allo studio dei dispositivi di controllo di maggiore complessità.

Testi consigliati:

- G. MARRO, *Controlli Automatici*, Zanichelli, Bologna, 1992.
B.C. KUO, *Automatic Control Systems*, Prentice Hall, 1987.

COSTRUZIONE DI MACCHINE

Docente: **Eugenio Dragoni** ric.

Con riferimento particolare ai risvolti economici e produttivi, l'insegnamento illustra le fasi ed il significato della progettazione industriale, fornendo semplici strumenti per l'analisi e la sintesi dei componenti delle macchine.

Elementi di disegno tecnico industriale (Rappresentazione grafica del pezzo secondo proiezioni ortogonali; Quotatura, tolleranze e stato superficiale; Disegni di complessivo e di particolare).

Elementi di tecnologia meccanica (Lavorazioni a caldo: fonderia, stampaggio, laminazione; Macchine utensili: tornio, fresatrice, alesatrice, trapano, rettificatrice).

Il progetto meccanico (Significato e fasi del progetto; Normative e sicurezza; Aspetti economici e produttivi; Progettazione assistita da calcolatore; CAD; Produzione assistita da calcolatore: CAM; Progettazione e produzione integrate: CAD-CAM).

Materiali da costruzione (Acciai, ghise, leghe di alluminio, leghe di magnesio, ceramiche e polimeri).

Analisi dei carichi (Equazioni cardinali della statica; Reazioni vincolari e caratteristiche della sollecitazione; Sistemi staticamente determinati e staticamente indeterminati).

Analisi dello stato di tensione (Tensioni dovute a sforzo normale, taglio, momento flettente e momento torcente).

Analisi dello stato di deformazione (Legge di Hooke; Principio di sovrapposizione degli effetti; Rigidezza a sforzo normale, taglio, momento flettente e momento torcente).

Criteri di resistenza e affidabilità (Criteri della massima tensione normale, della massima tensione tangenziale e della massima energia di deformazione; Calcolo probabilistico e affidabilità).

Fatica dei materiali (Prova convenzionale a flessione rotante; Diagrammi di Goodman-Smith e di Haigh).

Applicazioni (Alberi di macchina; Cuscinetti radenti e volventi; Catene di trasmissione; Collegamenti filettati e viti di manovra; Adesivi industriali; Molle meccaniche, Ruote dentate; Recipienti in pressione; Staffe di fissaggio).

Testo consigliato:

R.C. JUVONALL, K.M. MARSHEK, *Fondamenti della progettazione dei componenti delle macchine*, ETS, Pisa.

Esame

L'esame comprende una prova scritta (circa 2 ore) ed una prova orale (circa 15 minuti).

Propedeuticità

Scienza delle costruzioni; Meccanica applicata alle macchine; Studi di fabbricazione.

ECONOMIA POLITICADocente: **Alessandro Romagnoli** prof. ass.

Poiché l'Insegnamento si colloca alla base della formazione economico-gestionale impartita nel Corso di laurea, tre sono le funzioni che intende assolvere. La prima, di carattere generale, consiste nel presentare l'ambiente economico in cui si svolge l'attività produttiva, le problematiche e le strutture che lo contraddistinguono (sistema economico, mercato, impresa, azienda). La seconda, di tipo metodologico, tende ad illustrare le modalità, gli schemi interpretativi e i concetti mediante i quali l'economia politica analizza i diversi fenomeni. La terza, di natura formativa, è rappresentata dal privilegio accordato ad alcuni argomenti propedeutici sia per la successiva analisi gestionale, che per lo studio economico del settore industriale.

PARTE PRIMA: I problemi economici e la loro trattazione scientifica

1. Nascita e trasformazioni strutturali delle economie capitalistiche.
2. Dalla realtà economica alla sua spiegazione scientifica.
3. Profilo storico dell'analisi del funzionamento dell'economia capitalistica.

PARTE SECONDA: Il mercato

1. Il mercato e lo scambio.

PARTE TERZA: L'attività di consumo

1. Evoluzione del consumo e problemi interpretativi.
2. Modelli per la determinazione del consumo globale nell'ambito della relazione reddito-consumo.
3. Modelli per la determinazione del consumo individuale.
4. Spiegazioni del comportamento del consumatore nella società dei consumi.
5. Dal consumo alla domanda.

PARTE QUARTA: L'attività produttiva

1. Caratteristiche, natura e concettualizzazione del processo produttivo.
2. Evoluzione della teoria economica della produzione.
3. Modelli di comportamento dell'unità tecnica di produzione: le teorie della
4. Teorie dei costi.

PARTE QUINTA: Teoria dei processi produttivi dell'unità tecnica

1. Caratteristiche generali del modello.
2. Analisi dei costi.
3. Aspetti metodologici ed analitici del modello.
4. Analisi economica dei processi produttivi attivati in linea efficiente utilizzazione degli elementi fondo.
5. Teoria dei processi produttivi aziendali: una applicazione settoriale.

PARTE SESTA: La gestione dell'attività produttiva: impresa e struttura dei settori "industriali"

1. Evoluzione dell'impresa e della struttura settoriale delle economie.
2. Teoria neoclassica dell'impresa e delle "configurazioni industriali".
3. Analisi non-neoclassica dell'impresa e delle "configurazioni industriali".

Testi consigliati

S. ZAMAGNI, *Economia politica*, NIS.

T. COZZI, S. ZAMAGNI, *Economia politica*, Il Mulino, cap. 12.

A. ROMAGNOLI, *Introduzione alla Economia Politica*, Esculapio, 1994.

A. ROMAGNOLI (a cura di), *Teoria dei processi produttivi*, Giappichelli, 1996.

ELETTRONICA (vedi I e II di 50)

ELETTROTECNICA

Docente: **Francesco Negrini**, prof. ord

Campi elettromagnetici e circuiti

Equazioni di Maxwell in forma locale e integrale nei mezzi stazionari. Equazioni costitutive dei mezzi materiali. Condizioni di continuità sulla superficie di separazione tra due mezzi. Energia di un sistema elettromagnetico e bilanci energetici. Forze e coppie del campo elettromagnetico. Teorema di Poynting. Condizioni iniziali, al contorno e teorema di unicità. Potenziale scalare e potenziale vettore. Soluzioni analitiche di problemi di campo elettrico e magnetico. Cenni alla soluzione con metodi numerici. Passaggio dalla teoria dei campi a quella dei circuiti. Proprietà dei materiali conduttori, dielettrici e magnetici. Perdite Joule, per isteresi, per correnti parassite e dielettriche. Magnetici permanenti. Circuiti magnetici lineari e non lineari. Calcolo dei coefficienti di auto e mutua induzione. Reti e circuiti a parametri concentrati e limiti di validità. Leggi di Kirchhoff. Elementi circuitali: resistori, condensatori, induttori, generatori, diodi, transistori e tiristori. Tecniche elementari di manipolazione circuitale: collegamenti in serie e in parallelo, trasformazioni stella-triangolo e triangolo-stella. Metodi generali di analisi dei circuiti: metodo delle equazioni di Kirchhoff, metodo dei potenziali di nodo, metodo delle correnti di maglia. Principio di sovrapposizione degli effetti. Teoremi di Thevenin e di Norton. Teorema di Tellegen e cenni relativi ad altri teoremi. Metodi generali di studio delle reti in fase transitoria: metodo delle equazioni differenziali, funzione di trasferimento, trasformata di Laplace. Reti elettriche in regime sinusoidale. Legge di Ohm simbolica. Impedenza di un circuito. Equazioni di Kirchhoff simboliche. Studio di circuiti in c.a. mediante il metodo simbolico. Risonanza ed antirisonanza. Potenza attiva e potenza reattiva. Potenza complessa. Il rifasamento: calcolo dei condensatori di rifasamento. Sistemi trifase: definizioni e proprietà fondamentali. Cenni sui generatori di alimentazione di un sistema trifase. Utilizzatori a stella e a triangolo. Teorema di equivalenza. Potenza assorbita da un utilizzatore trifase. Misure di potenza nei sistemi trifase, inserzione Aron. Fattore di potenza e rifasamento di un utilizzatore trifase. Sistemi trifase con neutro.

Macchine e sistemi elettrici

Ipotesi fondamentali relative allo studio delle macchine elettriche. Norme CEI: grandezze nominali, riscaldamento delle macchine elettriche, vita dei dielettrici, il rendimento convenzionale ed il collaudo delle macchine elettriche. Trasformatori. Principio di funzionamento. Ipotesi di campo. Equazioni interne ed esterne. Relazioni approssimate. Rete

equivalente completa. Reti equivalenti semplificate. Funzionamento a vuoto e in cortocircuito. Misura del rendimento. Trasformatori di misura. Trasformatori trifase. Criteri di scelta dei collegamenti. Parallelo dei trasformatori. Trasformatori speciali. Il campo magnetico rotante. Caratteristiche costruttive delle macchine rotanti in c.a.. Macchine asincrone. Caratteristiche costruttive. Principio di funzionamento. Equazioni interne. Teorema di equivalenza. Coppia elettromagnetica. Equazioni esterne. Rete equivalente. Caratteristiche meccanica ed elettromeccanica. Considerazioni tecniche sul funzionamento: avviamento e stabilità del funzionamento a regime. Motori a gabbia e a doppia gabbia. Regolazione della velocità. Generatore asincrono. Macchine sincrone. Caratteristiche costruttive: rotore a poli lisci e a poli sporgenti. Principio di funzionamento. Reazione d'armatura nelle macchine a poli lisci e a poli sporgenti. Parallelo degli alternatori. Coppia elettromagnetica. Alternatore monofase. Macchine a corrente continua. Caratteristiche costruttive. F.e.m. indotta alle spazzole. Reazione di armatura. Commutazione: poli ausiliari ed avvolgimenti compensatori. Coppia elettromagnetica. Equazioni interne ed esterne della dinamo. Caratteristica esterna. Dinamo autoeccitata in parallelo. Motore con eccitazione in parallelo: principio di funzionamento, equazioni interne ed esterne, caratteristica meccanica, avviamento e regolazione della velocità. Motore eccitato in serie. Elementi di elettronica industriale. Dispositivi e circuiti a stato solido per il controllo delle macchine elettriche: diodi, transistori, tiristori (SCR, GTO), sistemi di raddrizzamento monofasi e polifasi, controllati e non, chopper ed inverter. Azionamenti elettrici. Tipologie, caratteristiche e campi di impiego dei principali tipi di azionamento in c.a. ed in c-c. 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, effetti delle folgorazioni e soccorsi di emergenza agli infortunati.

L'Insegnamento viene integrato normalmente con lo svolgimento di un ciclo di *esercitazioni* di laboratorio relative a: rilievi su reti e circuiti elettrici in corrente alternata (monofase, trifase), rilievi e verifiche sperimentali su transistori elettromagnetici, prove secondo le Norme CEI relative al collaudo dei trasformatori ed al collaudo dei motori asincroni.

Riferimenti bibliografici

1. F. BAROZZI, F. GASPARINI, *Fondamenti di Elettrotecnica: elettromagnetismo*, UTET, Torino, 1989.
2. F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica generale*, Pitagora Ed., 1971.
3. G. SOMEDA, *Elementi di Elettrotecnica generale*, Patron Editore, Bologna, 1979.
4. C.A. DESOER, E.S. KUH, *Fondamenti di teoria dei circuiti*, 13° Edizione, Franco Angeli Editore, Milano, 1990.
5. D. ZANOBETTI, M. PEZZI, *Lezioni di Impianti Elettrici*, pp. 1-39; 76-107; 323-393, CLUEB, Bologna, 1981.

6. G. FABRICATORE, *Elettrotecnica ed applicazioni*, Liguori Editore, 1994.
7. M. D'AMORE, *Elettrotecnica*, Edizioni SIDEREA, Roma, 1994.
8. P. GHIGI, M. MARTELLI, F. MASTRI, *Esercizi di Elettrotecnica*, Società Editrice Esculapio, Bologna, 1997.
9. A.P. MORANDO, A. GANDELLI, *Esercizi di Elettrotecnica*, Società Editrice Esculapio, Bologna, 1997.
10. S. BOBBIO, *Esercizi di Elettrotecnica*, Cooperativa Universitaria Editrice Napoletana, 1992.
11. V. CARRESCIA, *Fondamenti di sicurezza elettrica; valutazione dei rischi e analisi dei sistemi di protezione*, Ed. Hoepli, 1990.
12. NUOVO COLOMBO, *Manuale dell'Ingegnere*, vol. 2, Ed. Hoepli, 1997.
13. J.A. EDMINSTER, M. NAHVI, *Elettrotecnica: parte prima e parte seconda*, Collana SHAUM'S, McGraw-Hill, 1997.
14. M. GUARNIERI, A. STELLA, *Appunti di Elettrotecnica* (3 volumi), Ed. Libreria Progetto, Padova, 1997.
15. G. CONTE, *Impianti elettrici* (2 volumi), Ed. Hoepli, 1990.
16. G. FIGINI, V. TORELLI, *Manuale di applicazione delle Norme CEI*, Ed. Hoepli, 1994.
17. G. MALESANI, M. GUARNIERI, *Appunti di Elettrotecnica* (3 volumi), Ed. Libreria Progetto, Padova, 1997.

Modalità d'esame

L'esame si svolge generalmente mediante una prova scritta ed una prova orale: viene distribuita durante le ore di lezione e di esercitazione tutta la documentazione necessaria e sufficiente per superare tali prove, oltre ad un documento contenente le istruzioni per lo svolgimento delle prove medesime.

Propedeuticità consigliate

Analisi II, Fisica generale II.

Tesi di Laurea

Ogni anno, nella bacheca del DIE, viene esposto l'elenco degli argomenti proposti per le Tesi di Laurea.

ESTIMO (vedi 42)

FINANZA AZIENDALE

Docente: S. Sandri prof. ord.

Obiettivo e contenuti dell'Insegnamento

L'Insegnamento sviluppa le caratteristiche e il ruolo dell'analisi finanziaria nelle imprese con particolare riferimento alle decisioni di investimento e finanziamento relative a progetti di ricerca tecnologica e di creazione delle strutture produttive.

Programma

L'Insegnamento si articola in due parti.

1. Gli strumenti e le logiche della finanza aziendale

Le valutazioni finanziarie

Il concetto di valore e di costo del capitale

Le decisioni di investimento

I principali criteri di valutazione degli investimenti

Le modalità di finanziamento

Interazione tra le decisioni di finanziamento e di investimento

La pianificazione finanziaria

La gestione del capitale circolante.

2. L'applicazione dei modelli finanziari alle decisioni strategiche di natura tecnico-ingegneristica

Le differenze tra investimenti di capital budgeting e gli investimenti strategici di natura tecnico-ingegneristica

Gli investimenti in Ricerca e Sviluppo

Gli investimenti in nuove tecnologie flessibili

La valutazione delle opzioni incorporate nei progetti tecnologici

La componente economico-finanziaria degli studi di fattibilità

Il project financing nelle grandi commesse e nei progetti di ingegneria.

Testi di riferimento

L'indicazione dei testi di riferimento per la preparazione dell'esame verrà fornita all'inizio dell'Insegnamento.

Modalità d'esame

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale le cui date verranno fissate in base al calendario della Facoltà e comunicate mediante affissione in bacheca presso il CIEG (Via Saragozza,8) con congruo anticipo.

FISICA GENERALE I (vedi "informaz.")

FISICA GENERALE II (vedi "informaz.")

FISICA TECNICA

Docente: **Enrico Lorenzini** prof. ord.

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 - Regola delle fasi - Motrici termiche e macchine frigorifere fra due seratoi - Sistemi semplici in moto o aperti: bilanci di energia e di entropia - Sistemi semplici chiusi monocomponenti - Relazioni termodinamiche - Calori specifici - Equazione di stato e diagrammi $\{p,T\}$, $\{p,v\}$ - Processi politropici - Gas ideali: legge di Joule; variazioni di energia interna, entalpia ed entropia, valori dei calori specifici - Cenni alle proprietà dei liquidi - Proprietà dei vapori saturi - Equazione di Calpeyron - Proprietà dei vapori surriscaldata e gas reali - Diagrammi termodinamici $\{T,s\}$, $\{h,s\}$ e $\{p,h\}$ - Proprietà delle miscele di gas ideali - Entropia di mescolamento - Proprietà delle miscele di aria e acqua - Diagrammi $\{j,x\}$ e psicometrico - Misura del grado igrometrico - Ciclo Rankine e ciclo frigorifero a compressione. Cenni di Exergia.

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 - Cenni ai corpi non grigi - Coefficiente di irraggiamento.

Lo svolgimento dell'Insegnamento è accompagnato da *esercitazioni* aventi come oggetto: sistemi di unità di misura, misure pratiche di temperatura, problemi di termodinamica e di irraggiamento termico.

Testi consigliati:

- A. COCCHI, *Fisica tecnica*, editore Esculapio.
 E. ZANCHINI, *Dispense di Irraggiamento termico*, disponibili presso la Biblioteca della Facoltà di Ingegneria.
 E. ZANCHINI, *Esercizi di Fisica Tecnica per Ingegneria Gestionale*, raccolta disponibile presso la Biblioteca della Facoltà di Ingegneria.

L'esame consiste in una prova scritta ed eventualmente in un colloquio orale.

FONDAMENTI DI INFORMATICA

Docente: **Maria Rita Scalas** prof. ass.

Obiettivi dell'insegnamento

Fornire le conoscenze di base sull'architettura di un elaboratore elettronico, sulla teoria della computabilità, sulla codifica delle informazioni, sulla teoria della complessità; lo sviluppo di programmi in linguaggio C.

Programma

Architettura dell'elaboratore - Trasformazione di un programma da un linguaggio ad alto livello a linguaggio eseguibile. Cenni su linguaggi di programmazione, compilatori,

interpreti e sistema operativo. Mini assembler e fasi di esecuzione delle istruzioni in memoria.

Computabilità - Macchina di Turing. Macchina universale di Turing. Problema dell'arresto.

Complessità - Classificazione della complessità e complessità spaziale. Complessità di calcolo in passi base per istruzioni semplici e composte. Complessità di procedure e complessità recursiva. Caso migliore, caso peggiore e caso medio. Complessità asintotica.

Codifiche - Rappresentazione posizionale dei numeri. Cambiamenti di base. Cambiamenti di base tra basi notevoli. Rappresentazione in modulo e segno e complemento a due.

Algoritmi di ordinamento e di ricerca - Ricerca lineare, ricerca binaria, principali algoritmi di ordinamento recursivi e non recursivi e loro complessità.

Linguaggio C - Struttura di un programma in C. Dichiarazioni di dati e tipi di dati, puntatori. Istruzioni semplici e composte. Procedure e funzioni. Procedure recursive.

Tipi di dati astratti - Dati semplici, vettori ed array, liste concatenate. Liste lineari, pile, code, alberi e loro gestione sia mediante array che mediante liste concatenate. Complessità delle operazioni di costruzione, inserimento, cancellazione ed eliminazione.

GEOMETRIA E ALGEBRA (vedi "informaz.")

GESTIONE AZIENDALE

Docente: **Andrea Zanoni** prof. ord.

Obiettivo e contenuti dell'Insegnamento

L'Insegnamento 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 dell'Insegnamento 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 alla gestione operativa la gestione commerciale.

Si cercherà quindi di ricomporre il processo decisionale enfatizzando sia gli aspetti

interfunzionali sia l'approccio per processi. Questi obiettivi verranno perseguiti a livello didattico mediante la discussione in aula di casi aziendali ed invitando dirigenti ed operatori aziendali a svolgere testimonianze guidate. Queste esperienze verranno poi razionalizzate e ricondotte ai modelli generali e al contesto italiano.

Testi di riferimento

ROBERT M. GRANT, *L'analisi strategica nella gestione aziendale*, Il Mulino, Bologna.
 GEA CONSULENTI ASSOCIATI, *Management made in Italy: Il modello italiano delle imprese di successo*, Il sole 24 ore libri, Milano.

Modalità d'esame

L'esame prevede una prova orale.

Letture propedeutiche consigliate

La comprensione e l'assimilazione dei sopraindicati testi di riferimento per la preparazione dell'esame 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.

GESTIONE DEGLI IMPIANTI INDUSTRIALI

Docente: **Arrigo Pareschi**, prof. ord.

Programma

1. Criteri di progettazione e gestione degli impianti ausiliari e di servizio

- Impianti per l'approvvigionamento idrico senza o con serbatoio di accumulo
- 1-a. Criteri di ottimizzazione tecnico-economica delle reti idriche aperte e chiuse
- Scelta dell'ubicazione ottimale del serbatoio di compenso e della sua capacità
- Impianti antincendio: criteri di progettazione e gestione
- Impianti per la produzione e distribuzione dell'energia termica
- 1-b. 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. ...).
- 1-c. Criteri di progettazione e gestione degli impianti per la produzione combinata di energia elettrica e termica ad uso industriale
- Impianti di concentrazione
- 1-d. Criteri di progettazione e gestione degli:
 - Impianti frigoriferi
 - Impianti di condizionamento dell'aria
 - Impianti per la produzione e distribuzione dell'aria compressa
 - Impianti di essiccamento
 - Impianti di aspirazione polveri e vapori
 - Impianti di filtrazione

2. *La manutenzione degli impianti industriali*

- Il servizio di manutenzione negli impianti industriali
- Classificazione delle politiche di manutenzione
- Affidabilità, disponibilità e manutenibilità di un impianto industriale e delle attrezzature produttive
- Criteri, metodologie e strumenti per la raccolta ed elaborazione dei dati operativi e di guasto
- Analisi dei tempi di fermo macchina
- Criteri per la scelta della politica ottimale di manutenzione
- Ottimizzazione dell'intervallo di tempo di manutenzione preventiva
- Dimensionamento ottimale dei magazzini ricambi
- Supporti informativi per la gestione del sistema manutentivo
- Casi aziendali

3. *Tecniche gestionali di programmazione della produzione*

- Classificazione dei modelli utilizzabili per la programmazione operativa
- Classificazione degli obiettivi della programmazione della produzione
- Classificazione delle tecniche disponibili: metodi di ottimizzazione e metodo euristici
- Modelli applicabili al caso di macchina singola:
- Modelli applicabili al caso di macchine in parallelo
- Modelli applicabili ai sistemi Flow-Shop
- Metodi applicabili ai sistemi Job-Shop
- Simulazione numerica
- Programmi di simulazione a capacità finita
- Casi Aziendali

Testi consigliati

Dispense redatte dal Docente.

A. BRANDOLESE, A. POZZETTI, A. SANESI, *Gestione della produzione industriale*, Hoepli, Milano, 1991.

A. MONTE, *Elementi di Impianti industriali*, Ed. Libreria Cortina, Torino, voll. 1-2.

G. COLI, *Impianti per il benessere e la sicurezza negli ambienti di lavoro*, PEG, Milano, 1990.

Esame: scritto e orale.

GESTIONE DELL'ENERGIA

Docente: **Enrico Lorenzini** prof. ord.

- Nozioni di elettrotecnica. Nozioni di termologia e termodinamica. Nozioni di illuminotecnica. Modelli matematici. Statistiche Energetiche. Domande di autovalutazione. Energia ed Exergia.

– 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 turbolento. 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.

Energia nucleare

Economia, proliferazione, impatto ambientale, legislazione.

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.

Nozioni legali.

Il problema della sicurezza. Attribuzione di costi unitari separati a prodotti ottenuti congiuntamente.

Il fabbisogno energetico

dell'umanità e il caso Italia.

Testi consigliati

E. LORENZINI, *Traccia delle lezioni di termotecnica del reattore*, Ed. Pitagora.

E. LORENZINI, *Ebollizione*, Ed. Pitagora.

G. COMINI, *Energetica generale*, Ed. SGE, Padova.

GUGLIELMINI, PISONI, *Elementi di trasmissione del calore*, Ed. Veschi.

A. SPENA, *Fondamenti di energetica*, Ed. CEDAM.

Esame; orale.

GESTIONE DELL'INNOVAZIONE E DEI PROGETTI

Docente: **Alessandro Grandi** prof. ass.

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.

Testi consigliati

R.A. BREALEY, S.C. MYERS, S. SANDRI, *Capital Budgeting*, McGraw Hill, Milano, 1999 (capp. 2-3-5-6-10).

M. SOBRERO (a cura di), *Gestione dell'innovazione: strategia, organizzazione, tecniche operative*, Carrocci Editore, Roma, 1999.

R.D. ARCHIBALD, *Project management: la gestione di progetti e programmi complessi*, Franco Angeli, Milano, 1977.

Una selezione di articoli e altro materiale didattico sarà indicato e/o reso disponibile a cura del docente durante lo svolgimento dell'Insegnamento.

Modalità d'esame

L'esame prevede una prova scritta (esercizio/i sulla terza parte del programma, test e quesiti aperti su tutto il programma d'esame) e una prova orale (su tutto il programma) le cui date verranno fissate in base al calendario della Facoltà e comunicate mediante affissione nella bacheca del CIEG (c/o sede della Facoltà in via Saragozza 8).

Lo studente deve sostenere l'orale nell'appello fissato immediatamente dopo la data in cui ha superato la prova scritta.

Per l'iscrizione alla prova d'esame scritta verrà esposta con ampio anticipo un'apposita lista al piano antistante il CIEG (via Saragozza 8).

Gli studenti che hanno superato la prova scritta sono automaticamente iscritti alla prova orale immediatamente successiva.

IMPIANTI ELETTRICI (vedi 45)

IMPIANTI INDUSTRIALI (vedi 49)

INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME (vedi 51)

INTERAZIONE FRA LE MACCHINE E L'AMBIENTE (vedi 51)

LOGISTICA INDUSTRIALE (vedi 49)

MACCHINE (vedi 42)**MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE**Docente: **Giorgio Dalpiaz** prof. ass.

L'Insegnamento fornisce agli allievi i concetti ed i metodi per lo studio funzionale delle macchine e dei problemi connessi con il loro impiego.

Programma

1. *Introduzione.* a) Coppie cinematiche. Gradi di libertà. Meccanismi a più gradi di libertà. b) Regime assoluto e regime periodico. Rendimento meccanico. Moto retrogrado. c) Scelta del motore in base alla potenza. Caratteristica meccanica delle macchine motrici ed operatrici. Accoppiamento motore-utilizzatore.

2. *Tribologia.* a) Attrito di strisciamento. Teoria elementare dell'attrito. Coppia prismatica. Imputamento. Coppia rotoidale; Coppia elicoidale; viti di manovra e viti di serraggio. Distribuzione della pressione di contatto. Freni e innesti ad attrito. b) Risultati della teoria di Hertz. Attrito di rotolamento. Ruote. Equilibrio di un veicolo. Accelerazione massima. c) Usura e sue leggi. d) Lubrificazione idrodinamica. Equazioni di Reynolds. Meato limitato da pareti piane. Applicazioni tecniche. Coppia rotoidale lubrificata.

3. *Teoria dei meccanismi.* a) Sistemi articolati piani: analisi e sintesi cinematica; analisi cinetostatica; esempi ed applicazioni. b) Sistemi articolati spaziali: analisi cinematica dei sistemi articolati in catena aperta per manipolatori di robot. Giunto di Cardano. c) Le ruote dentate cilindriche: dentature ad evolvente; proporzionamento modulare; modalità di ingranamento e ripartizione del carico; rendimento meccanico; cenni sul taglio delle ruote dentate; ruote a denti elicoidali. Ruote dentate coniche. Coppia vite-ruota elicoidale. d) Rotismi ordinari ed epicicloidali: scelta e calcolo del rapporto di trasmissione, relazione fra i momenti; rotismi differenziali. e) Impiego degli organi flessibili nelle macchine di sollevamento. Trasmissione del moto con organi flessibili: cinghie piate e trapezoidali, catene. Freni a nastro.

4. *Dinamica delle macchine e meccanica delle vibrazioni.* a) Calcolo delle azioni d'inerzia e loro bilanciamento. b) Transitori meccanici. Transitori di avviamento e di arresto. Grado di irregolarità e calcolo del volano. c) Vibrazioni libere e forzate di sistemi a un g.d.l. Sospensioni. d) Sistemi a due g.d.l. Sistemi a molti g.d.l. Autovalori e autovettori. Analisi modale. e) Misure delle vibrazioni. Effetti delle vibrazioni. Severità di vibrazione delle macchine. Manutenzione, monitoraggio e diagnostica industriale. f) Dinamica dei rotori. Squilibrio statico e squilibrio dinamico. Bilanciamento. Velocità critiche.

Testo consigliato:

E. FUNAIOLI, A. MAGGIORE, U. MENEGHETTI, *Lezioni di Meccanica applicata alle macchine*, Pàtron, Bologna, voll. 1 e 2.

Propedeuticità: Meccanica razionale.

MECCANICA RAZIONALE (vedi "informaz.")

NOZIONI GIURIDICHE FONDAMENTALI (vedi 42)

ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E DEI SISTEMI LOGISTICI
(vedi 09)

OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA (vedi "informaz.")

PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI (vedi 02)

POLITICA ECONOMICA

Docente: **Nino Luciani** prof. ass.

1. *Fluttuazioni, crescita economica e disoccupazione.* Investimenti - Accumulazione del capitale e crescita economica - Disoccupazione.

2. *Settore pubblico.* Spesa pubblica in beni e servizi - Imposte e trasferimenti - Debito pubblico - Centralismo e federalismo fiscale.

3. *Inflazione.* Inflazione e tassi d'interesse - Moneta, inflazione e tassi d'interesse nel modello dei mercati in equilibrio.

4. *Economia internazionale.* Mercati internazionali dei beni e del credito - Tassi di cambio.

5. *Rapporti tra settore monetario e settore reale.* Intermediazione finanziaria - Evidenza empirica sull'interazione tra variabili nominali e variabili reali - Moneta e ciclo economico nel modello dei mercati in equilibrio - Teoria Keynesiana delle fluttuazioni cicliche.

6. *Politica dei redditi.* Salari ed offerta globale - Controllo dei redditi - Controllo delle pressioni salariali e limiti della politica monetaria e del bilancio pubblico - Controllo delle pressioni salariali derivanti dai prezzi oligopolistici - Controllo diretto dei prezzi e misure fiscali - Scala mobile salariale.

7. *Politica industriale.* Strutture di mercato e concorrenza - Strutture di mercato e innovazione tecnologica - Intervento pubblico diretto nei settori produttivi strategici - Regolamentazione pubblica dell'attività economica privata - Sistema dei brevetti - Legislazione antitrust e regolamentazione dei monopoli naturali - Certificazione di qualità.

8. *Programmazione e valutazione dei progetti pubblici.* Analisi costi/benefici - Metodologia per la valutazione e scelta degli investimenti - Problema della definizione degli

obiettivi dei progetti di spesa pubblica - Regole per la derivazione dei prezzi ombra - Parametri nazionali - Tecniche di monitoraggio dei progetti pubblici.

Testi consigliati:

R.J. BARRO, *Macroeconomia*, McGraw-Hill Libri Italia, Milano, 1992.

M. BANGEMANN, *Dialogo per l'Europa* (Mercato e politica industriale a confronto, con prefazione di R. Prodi), ed Il Sole-24 Ore Libri.

N. PARMENTOLA, *Programmazione e valutazione dei progetti pubblici*, Il Mulino, Bologna.

Altri testi integrativi:

A. MARZANO, *Politica economica dei grandi aggregati*, Cacucci ed., Bari.

AA.VV. (a cura di P. Bianchi-G. Gualtieri), *Concorrenza e controllo delle concentrazioni in Europa*, Il Mulino, Bologna.

N. LUCIANI, *Introduzione all'economia con applicazioni di «engineering economy»*, Progetto Leonardo, Bologna.

F.M. SCHERER, *Economia industriale*, Unicopli, Milano.

Esame: scritto e orale.

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE (vedi 51)

RETI DI TELECOMUNICAZIONI (vedi "informaz.")

RICERCA OPERATIVA

Docente: **Daniele Vigo** prof. ass.

Programma

L'Insegnamento si propone di illustrare le principali metodologie per la soluzione dei problemi decisionali che si presentano nell'industria e nei servizi.

Simulazione di sistemi discreti.

Generazione di variabili aleatorie, metodo della trasformazione inversa. Descrizione statica e dinamica di un sistema, metodo della programmazione degli eventi, metodo della interazione dei processi, diagrammi di flusso per problemi di simulazione. Cenni sulla struttura del linguaggio SIMSCRIPT II.5.

Complessità computazionale e Problemi di ottimizzazione.

Complessità degli algoritmi e dei problemi. Problemi polinomiali. Problemi NP-com-

pleti. Algoritmi enumerativi per problemi NP-completi. Modelli matematici dei problemi di ottimizzazione. Algoritmi esatti ed euristici.

Problemi polinomiali su grafi

Definizioni relative a grafi orientati e non orientati. Problemi di cammini: cammini minimi, cammini in grafi aciclici. Problemi di alberi: alberi ricoprenti a costo minimo. Problemi di flusso su rete: flusso massimo. Tecniche reticolari: CPM, PERT. Cenni a problemi non polinomiali: Circuiti Hamiltoniani e Problema del Commesso Viaggiatore.

Programmazione lineare

Forme canonica e standard di un problema di programmazione lineare. Soluzioni ammissibili e soluzioni 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. Uso di un package di programmazione lineare.

Programmazione lineare intera

Formulazioni di un problema PLI. Soluzione grafica. Totale unimodularità. Metodo dei piani di taglio e metodo branch and bound.

Algoritmi esatti per problemi NP-difficili

Metodo Branch and Bound: schemi di separazione, determinazione dei bound (rilassamento per eliminazione di vincoli, rilassamento surrogato, rilassamento lagrangiano, tecnica del subgradiente), procedure di riduzione. Algoritmi per la soluzione ottima dei problemi del knapsack singolo e multiplo.

Algoritmi euristici per problemi NP-difficili

Algoritmi per la determinazione di soluzioni ammissibili. Algoritmi di postottimizzazione. Algoritmi per la soluzione approssimata dei problemi del knapsack singolo e multiplo e di problemi di sequenziamento.

Testi di consultazione

- M. FISCHETTI, *Lezioni di Ricerca Operativa*, II edizione, Edizioni Libreria Progetto, Padova, 1998.
 S. MARTELLO, *Lezioni di Ricerca Operativa*, III edizione, Progetto Leonardo, Bologna, 1999.
 S. MARTELLO, D. VIGO, *Esercizi di Ricerca Operativa*, V Edizione, Progetto Leonardo, Bologna, 1999.
 S. MARTELLO, D. VIGO, *Esercizi di Simulazione Numerica*, Progetto Leonardo, Bologna, 1996.

Materiale didattico: fotocopie dei trasparenti utilizzati a lezione.

Esame: prove scritte ed orale; Le prove scritte hanno validità annuale. Propedeuticità: Fondamenti di informatica.

Tesi di Laurea. realizzazione ed analisi di modelli ed algoritmi per problemi decisionali e di ottimizzazione.

SCIENZA DEI MATERIALI (vedi 41)**SCIENZA DELLE COSTRUZIONI**Docente: **Antonio Di Leo** prof. ass.*Programma*

Statica - Azioni esterne: forze distribuite di volume e superficiali, forze concentrate, distorsioni - statica del corpo rigido libero: equazioni cardinali della statica - vincoli esterni ed interni - sistemi piani di travi: caratteristiche di sollecitazione e loro equazioni indefinite; studio analitico e grafico - strutture reticolari piane.

Geometria delle masse - Sistemi discreti: baricentro e momenti statici - sistemi continui: momenti d'inerzia (teorema di Huyghens), teorema del trasporto per il momento centrifugo, assi principali d'inerzia e loro proprietà, espressione dei momenti principali d'inerzia, cerchi di Mohr, ellisse centrale di inerzia.

Analisi della deformazione - Campo di spostamento - reciprocità degli spostamenti - coefficiente di dilatazione cubica - deviatore di deformazione - misura di dilatazioni lineari specifiche.

Analisi della tensione - Tensione - tensore degli sforzi: componenti e direzioni principali - deviatore degli sforzi - equazioni indefinite di equilibrio - cerchi di Mohr - stati biasiali e monoassiali di tensione.

Principio dei lavori virtuali - Sistema forze-tensioni staticamente ammissibile - sistema spostamenti - deformazioni cinematicamente ammissibile - principio dei lavori virtuali per corpi deformabili e per corpi rigidi.

Lavoro di deformazione - Lavoro di deformazione e lavoro complementare di deformazione.

Sistemi elastici - Energia elastica ed energia elastica complementare - stato elastico lineare - il problema dell'equilibrio per i solidi in stato elastico lineare (teorema di Kirchhoff).

Comportamento meccanico dei materiali - Comportamento meccanico di materiali duttili e fragili per stati monoassiali di tensione: solidi di prova, procedure sperimentali, parametri misurabili - Classificazione meccanica.

Problema di De Saint Venant - Casi di sollecitazione semplice nelle travi - sforzo normale centrato - flessione retta - sforzo normale eccentrico - torsione: sezione circolare - taglio-flessione: trattazione di Jourawski, centro di taglio.

Criteri sicurezza - Inquadramento storico - criterio di Von Mises per materiali duttili - criterio di Mohr-Coulomb per materiali coesivi.

Stabilità dell'equilibrio - Carico critico euleriano - snellezza - iperbole euleriana - metodo omega.

Testi consigliati:

- L. BOSCOTRECASE, A. DI TOMMASO, *Statica applicata alle costruzioni*, Pàtron Ed., Bologna, 1976.
- A. DI TOMMASO, *Fondamenti di Scienza delle Costruzioni*, Parte I e II, Pàtron Ed., Bologna.
- E. VIOLA, *Esercitazioni di Scienza delle Costruzioni, 1 e 2*, Pitagora Ed., Bologna, 1993.
- G. PASCALE, *Scienza delle Costruzioni-Esercizi d'esame svolti*, Prog. Leonardo, Bologna, 1993.

Propedeuticità: Meccanica Razionale.

SERVIZI GENERALI D'IMPIANTO (vedi 49)**SICUREZZA E ANALISI DI RISCHIO (vedi 50)****SISTEMI DI CONTROLLO DI GESTIONE**

Docente: **Diego Maria Macri**, prof. ass.

Obiettivo e contenuti dell'Insegnamento

L'Insegnamento si prefigge di fornire le conoscenze necessarie a comprendere il flusso delle informazioni di natura economicofinanziaria all'interno dell'impresa e illustrare i principi, le regole e le prassi che presidono alla rilevazione dei dati, alle loro aggregazioni e articolazioni e alla redazione dei documenti ufficiali e gestionali.

Programma

L'insegnamento si articola in due parti

1) Il bilancio

- Concetti fondamentali e stato patrimoniale
- I sistemi contabili e le modalità di contabilizzazione
- I ricavi e le attività finanziarie
- Il conto economico e la misurazione dei costi
- Le attività a lungo termine e l'ammortamento
- Le passività e il capitale netto
- Il rendiconto dei flussi di cassa
- L'analisi finanziaria e i principali indici di bilancio

2) I sistemi di determinazione dei costi

- 2a) La determinazione dei costi come supporto alle redazioni del bilancio

- Il flusso dei costi all'interno del sistema produttivo
- I criteri alternativi di valorizzazione delle scorte
- I criteri di allocazione convenzionali dei costi indiretti
- 2b) La determinazione dei costi per il controllo
 - Il budget
 - L'analisi degli scostamenti
 - La balanced scorecard
- 2c) La determinazione dei costi per le decisioni
 - Il margine di contribuzione e il prodotto equivalente
 - La teoria dei vincoli e l'ottimizzazione del margine in presenza di vincoli
 - I costi rilevanti nelle decisioni
 - L'Activity Based Costing

Testi d'esame

ROBERT N. ANTHONY, *Bilancio e analisi finanziaria*, McGraw-Hill, 1998.

CHARLES T. HORGREN, GEORGE FOSTER, SRIKANT M. DATAR, *Contabilità per la direzione*, ISEDI, 1998.

Modalità d'esame

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale le cui date verranno fissate in base al calendario della Facoltà e comunicate mediante affissione in bacheca presso il CIEG (Via Saragozza, 8) con congruo anticipo. Per la prova scritta bisogna iscriversi in una lista esposta all'esterno del CIEG.

Lo studente deve sostenere l'orale nell'appello fissato immediatamente dopo la data in cui ha superato la prova scritta. Non si possono sostenere due prove scritte consecutive all'interno di una stessa sessione.

Lo studente che non supera la prova orale deve ripetere la prova scritta.

SISTEMI ORGANIZZATIVI

Docente: **Andrea Zanoni** prof. ord.

Obiettivo e contenuti dell'Insegnamento

L'Insegnamento vuole fornire adeguate conoscenze delle principali variabili organizzative dell'impresa con particolare riguardo agli elementi di analisi e progettazione delle strutture.

L'enfasi dell'Insegnamento sarà posta sulle modalità di disegno delle organizzazioni con particolare riguardo alla coerenza delle strutture con le variabili di contesto.

Programma

1. L'organizzazione aziendale

L'impresa come sistema di trasformazione.

Le relazioni tra impresa e ambiente esterno.

Le principali teorie organizzative.

Modelli di riferimento per la progettazione organizzativa: Strutture, meccanismi e processi.

Il coordinamento organizzativo e le modalità per realizzarlo.

2. Gli elementi di progettazione

La progettazione delle posizioni individuali.

La progettazione della macro struttura.

I collegamenti laterali.

Il decentramento verticale e orizzontale.

I fattori contingenti.

3. Le configurazioni organizzative di base

La struttura semplice.

La struttura funzionale.

La struttura divisionale.

Le strutture matriciali.

Testi di riferimento

L'indicazione dei testi di riferimento per la preparazione dell'esame verrà fornita all'inizio del corso.

Modalità d'esame

L'esame, che sarà svolto in modo unitario con il corso integrato di Sistemi di controllo di gestione, prevede una prova scritta e una prova orale le cui date verranno fissate in base al calendario della Facoltà e comunicate mediante affissione in bacheca presso il CIEG (Via Saragozza, 8) con congruo anticipo.

SISTEMI INFORMATIVI I (vedi "informaz.")

SISTEMI INFORMATIVI II (vedi "informaz.")

STRUMENTAZIONE E AUTOMAZIONE INDUSTRIALE (vedi 49)

STUDI DI FABBRICAZIONE (vedi 49)

TECNICA DEL CONTROLLO AMBIENTALE

Docente: **Alessandro Cocchi** prof. ord.

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 termoisometrica dell'aria (olfatto, respirazione, tatto, superficie cutanea), rumore (udito), illuminazione (vista). Per ciascuno di essi vengono fornite le leggi elementari del fenomeno fisico e della risposta fisiologica e gli elementi tecnici di base necessari per effettuare 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 della prima parte dell'Insegnamento
(comune agli insegnamenti di durata semestrale)

Elementi di termodinamica del moto dei fluidi

MOTO DEI FLUIDI COMPRIMIBILI - Il concetto di comprimibilità nella realtà delle applicazioni. Strato limite comprimibile. La velocità di propagazione delle onde di pressione. Casi di studio.

Elementi di bioenergetica

BENESSERE TERMOISOMETRICO - 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 termoisometrico. 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 termoisometrico degli ambienti confinati. Analisi termoisometrica 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 fotometriche 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:

Manuale di Progettazione Edilizia, vol. 2, *Criteri ambientali e impianti*, Ed. Hoepli, Milano.

A. COCCHI, *Inquinamento da rumore*, Maggioli Ed., Rimini.

I testi di legge di interesse.

E. BORTOLOTTI, A. BOCCOLARI, *Condizionamento dell'aria negli edifici, problemi tecnici, fattori di rischio, patologie*, Pitagora Ed., Bologna.

A. COCCHI e altri, *La legge quadro sull'inquinamento acustico*, Maggioli Ed., Rimini.

TECNICA ED ECONOMICA DEI TRASPORTI (vedi 42)

TECNOLOGIE GENERALI DEI MATERIALI (vedi 49)

SETTORE DELL'INGEGNERIA DELLA "INFORMAZIONE":

CORSI DI LAUREA:

- IN INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI
- IN INGEGNERIA ELETTRONICA
- IN INGEGNERIA INFORMATICA

AFFIDABILITÀ E DIAGNOSTICA DI COMPONENTI E CIRCUITI ELETTRONICI

Docente: **Bruno Riccò** prof. ord.

1. *Motivazioni principali*

La qualità dei componenti e dei circuiti elettronici, elemento sempre più essenziale per la loro affermazione, è il risultato di tre elementi fondamentali del ciclo produttivo: organizzazione della produzione (orientata alla *qualità globale*), progettazione e collaudo dei componenti da immettere sul mercato, individuazione delle cause di rischio che possono deteriorare l'affidabilità dei componenti durante la loro vita operativa.

L'insegnamento si occupa di tutti questi aspetti. Il primo, essenzialmente di tipo economico-organizzativo, comprenderà seminari tenuti da tecnici e dirigenti industriali. Il secondo, che coinvolge una serie di problemi di grande interesse sotto il profilo sia scientifico che applicativo, riguarda argomenti di carattere interdisciplinare nei campi della microelettronica, delle reti logiche e della strumentazione elettronica. Particolare enfasi sarà posta sulla dei circuiti.

Il terzo, infine, coinvolge alcuni dei più interessanti ed attuali argomenti di fisica dei dispositivi (riscaldamento dei portatori di corrente, affaticamento degli isolanti, elettromigrazione delle linee di interconnessione, ...).

2. *Principali argomenti di interesse*

2.1. *Collaudo dei microcircuiti*

Principi e fondamenti del collaudo di sistemi integrati digitali. Modelli e simulazione di guasto. Generazione automatica dei vettori di collaudo. Le macchine automatiche di collaudo. Progettazione orientata al collaudo. Circuiti in grado di auto-collaudarsi. Sistemi di tipo self-checking. Architetture tolleranti ai guasti. Collaudo di circuiti analogici e di tipo misto analogico digitale.

2.2. *Affidabilità dei componenti*

Definizioni e trattazione matematica della affidabilità di componenti e sistemi. Prove accelerate e campionatura dei prodotti. Principali fenomeni di guasto nei circuiti integrati (fatica degli isolanti, riscaldamento dei portatori, elettromigrazione, latch-up, ...).

2.3. *Qualità dei componenti*

La qualità dei prodotti. Organizzazione di produzione rivolta alla qualità globale. Studio e modellistica delle rese di produzione dei processi industriali.

3. *Organizzazione dell'insegnamento*

L'insegnamento comprenderà circa 40 ore di lezioni teoriche e seminari e circa 20 ore

di esercitazioni in laboratorio, soprattutto dedicate a *progettazione e collaudo dei circuiti integrati*).

È prevista la possibilità di fare la *tesi di laurea* nell'ambito degli argomenti di interesse per l'insegnamento.

4. Materiale didattico

È in preparazione da parte del Docente un testo che copre la parte principale dell'insegnamento. In attesa della pubblicazione del testo saranno disponibili delle dispense.

5. Propedeuticità

Per seguire l'insegnamento è indispensabile aver seguito gli insegnamenti di Elettronica Applicata I e II.

ANALISI MATEMATICA A

Premesse

- funzioni composte, inverse, funzioni circolari inverse.

Insiemi numerici

- (numeri naturali, interi, razionali, reali); estremo superiore.

Numeri Complessi

- forma algebrica, forma trigonometrica, radici, equazioni algebriche in campo complesso.

Limiti

- funzioni numeriche di una variabile reale: confronto, forme indeterminate, ordine di un infinitesimo;
- funzioni vettoriali di una variabile reale; traiettoria;
- funzioni numeriche di più variabili;
- continuità.

Derivazione

- funzioni numeriche di una variabile reale: derivata delle funzioni elementari; equazione della retta tangente in un punto di un grafico, differenziale, derivata della funzione composta, e della funzione inversa, regola dell'Hospital per il calcolo dei limiti, formula di Taylor; studio del grafico: massimi, minimi, asintoti;
- funzioni vettoriali di una variabile reale: vettore tangente;
- funzioni numeriche di più variabili reali: derivate direzionali, derivate parziali.

Integrale di Riemann (funzioni numeriche di una variabile reale).

- Integrale esteso ad un intervallo compatto.
- Funzione integrale e primitive.
- Calcolo dell'integrale mediante una primitiva dell'integrando.
- Integrazione per parti e per sostituzione.
- Significato geometrico dell'integrale.

ANALISI MATEMATICA B

ANALISI MATEMATICA I

Docenti: (informaz.A-D) (45)
 (informaz.E-O)
 (informaz.P-Z) (41)

Docente: **Enrico Obrecht**, prof. ord.

1. Numeri reali - Funzioni elementari.

Algebra delle proposizioni. Teoria ingenua degli insiemi. Relazioni. Relazioni binarie: di ordine, di equivalenza. Relazioni funzionali. Insiemi naturalmente ordinati: numeri naturali, principio di induzione, divisione euclidea, rappresentazione b-adica dei numeri naturali.

Gruppi, anelli, campi: omomorfismi, isomorfismi.

Anelli ordinati: regola dei segni, legge di annullamento del prodotto, sottoanello degli interi. Modello dell'anello dei numeri interi.

Campi ordinati: sottocampo razionale. Modello dei numeri razionali.

Campi ordinati completi: campo reale, insieme numerico ampliato. Rappresentazione b-adica. Funzione potenza, radice, esponenziale, logaritmica.

2. Piano euclideo - Numeri complessi.

Spazi vettoriali di dimensione finita: sottospazi, generatori, sistemi liberi, base, trasformazioni lineari e matrici, teorema dimensionale. Il piano euclideo \mathbf{R}^2 : proiezione ortogonale, riflessione, caratterizzazione delle isometrie che lasciano fissa l'origine, trasformazioni ortogonali, matrici ortogonali, rotazioni.

Campo complesso: forma algebrica, argomento, funzioni trigonometriche, potenze, radici.

3. Serie numeriche.

Serie regolari, serie assolutamente convergenti; serie in campo reale: criterio di confronto, criteri di convergenza, serie alternanti; serie in campo complesso: criteri di Dirichlet e di Abel, serie prodotto.

4. Topologia - Limiti.

Spazio topologico, metrico, vettoriale normato (studio di \mathbf{R} , \mathbf{R} , \mathbf{R}^n). Successioni a valori in \mathbf{R} . massimo e minimo limite, limite, successioni monotone. Successioni di punti in uno spazio topologico, punti limite. Compattezza in spazi topologici metrizzabili, teorema di Bolzano-Weierstrass, compatti della retta reale e di \mathbf{R}^n , compattezza di \mathbf{R} con la topologia usuale.

Completezza di uno spazio metrico: lo spazio euclideo \mathbf{R}^n è completo.

Limite di una funzione: limite della composizione; limite di funzioni a valori in \mathbf{R} ; limite di funzioni da \mathbf{R} in \mathbf{R} : limite a destra e a sinistra, limite delle funzioni monotone, punti di discontinuità, limiti notevoli, infinitesimi ed infiniti; limite di funzioni da \mathbf{R}^n ad \mathbf{R}^m e di funzioni complesse di variabile complessa.

Continuità: caratterizzazione della continuità in un punto e della continuità globale.

trasformazione di compatti mediante funzioni continue, teorema di Weierstrass, uniforme continuità, approssimazioni successive, contrazioni, prolungamento delle funzioni continue, connessi, teorema di Bolzano e teorema inverso.

Convergenza puntuale ed uniforme di una successione di funzioni: convergenza uniforme e proprietà della funzione limite.

Studio di alcuni spazi funzionali: spazio v.n. $\mathbf{B}(A, \mathbf{R})$ delle funzioni definite in A e a valori reali, limitate (norma del sup.): significato della convergenza in \mathbf{B} ; sottospazio di \mathbf{B} costituito dalle funzioni continue su A .

5. Derivazione.

Il caso delle funzioni di variabile reale: derivata, studio locale del grafico di f , applicazione lineare tangente (differenziale), vettori tangenti, cammini in \mathbf{R}^n .

Proprietà delle derivate, funzioni derivabili su intervalli, teoremi di Rolle, Cauchy, Lagrange e conseguenze, teoremi di L'Hospital, proprietà locali delle funzioni derivabili, formula di Taylor (resto di Peano e di Lagrange), metodo delle tangenti di Newton.

Derivazione termine a termine delle successioni di funzioni numeriche di variabile reale. Il caso delle funzioni reali di più variabili reali: derivata direzionale, derivate parziali; funzioni definite implicitamente: il caso $f(x, y) = 0$ ($x, y \in \mathbf{R}^2$), derivata della funzione definita implicitamente, equazione della retta tangente in un punto non singolare.

6. Integrazione.

Integrale di Riemann per funzioni limitate: il caso delle funzioni generalmente continue (e limitate).

Integrale definito.

Derivazione e integrazione: funzioni integrali, primitive, esistenza delle primitive per funzioni generalmente continue e limitate; integrazione definita per parti e per sostituzione.

Metodi di integrazione indefinita.

Misura di Peano-Jordan: proprietà della famiglia degli insiemi misurabili; misurabilità di un insieme di \mathbf{R}^n e misura della frontiera.

Integrali impropri: criteri di integrabilità.

7. Serie di potenze.

Serie di Taylor per funzioni reali di variabile reale; condizione sufficiente per la sviluppabilità; principali sviluppi.

Serie di potenze in campo complesso: raggio di convergenza e sue proprietà; comportamento rispetto alla derivazione e alla integrazione termine a termine.

Funzioni elementari in campo complesso: esponenziale, logaritmo, funzioni circolari ed iperboliche, funzione potenza (principali proprietà).

8. Equazioni differenziali lineari.

Equazione del primo ordine e formula risolutiva per il problema di Cauchy; il caso dei coefficienti costanti.

Equazioni del secondo ordine a coefficienti costanti: integrale generale.

Metodo di Lagrange per le equazioni non omogenee.

Bibliografia

- A. ALVINO, L. CARBONE, G. TROMBETTI, *Esercitazioni di Matematica I*, Liguori, Napoli, 1992.
- G.C. BAROZZI, S. MATARASSO, *Analisi Matematica I*, Zanichelli, Bologna, Ristampa riveduta, 1991.
- P. MARCELLINI; C. SBORDONE, *Esercizi di Matematica I*, Liguori, Napoli, 1989.
- S. MATARASSO, T. RUGGERI, *Laboratorio di Matematica*, primo corso, Esculapio, Progetto Leonardo, Bologna, 1991.
- C. PAGANI, S. SAESA, *Analisi Matematica I*, Masson, Milano, 1991.
- C. RAVAGLIA, *Analisi matematica I*, CUSL, Bologna.

Esame: scritto e orale.

ANALISI MATEMATICA II

Docenti: **Silvano Matarasso** prof. ord.
Carlo Ravaglia prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento:

L'Insegnamento si propone di presentare, utilizzando gli strumenti introdotti negli insegnamenti di Analisi matematica I e di Geometria, alcuni argomenti matematici particolarmente importanti per le Scienze applicate.

Programma

Limiti di funzioni vettoriali. Calcolo differenziale: derivate direzionali, differenziale in un punto e matrice jacobiana, differenziabilità. Composizione di campi vettoriali e relativo differenziale, regole di derivazione per funzioni composte. Teorema del valor medio, formule di Taylor.

Misura dei compatti in \mathbb{R}^n . Prime proprietà della misura. Somme di Riemann. Teorema di Riemann e definizione di integrale. Interpretazione geometrica. Proprietà dell'integrale. Teorema della media. Formule di riduzione per gli integrali multipli. Cambiamento di variabili negli integrali multipli. Coordinate polari nel piano e nello spazio. Cambiamenti lineari di coordinate. Integrali generalizzati. Criteri di convergenza. Integrali per funzioni generalmente continue. Successioni e serie di funzioni. Convergenza semplice e uniforme. Continuità, derivazione e integrazione del limite. Sviluppabilità in serie. Funzioni analitiche reali. Integrali generalizzati dipendenti da un parametro. Cenno sulla teoria dell'integrazione secondo H. Lebesgue.

Numeri complessi. Successioni e serie complesse. Serie di potenze e di Fourier. Funzioni complesse. Funzioni olomorfe. Derivazione complessa. Equazione di Cauchy-Riemann. Equazioni di monogenia. Le funzioni elementari nel campo complesso. Identità di Eulero.

Diseguaglianza degli accrescimenti finiti. Teorema dell'inverso locale. Teorema delle funzioni implicite. Teorema del rango. Varietà differenziali. Vettori tangenti e vettori normali ad una varietà. Riferimento mobile di Cartan. Metodo dei moltiplicatori di Lagrange.

Equazioni e sistemi differenziali. Riduzione al primo ordine di un sistema di ordine superiore. Problema di Cauchy: esistenza e unicità. Carattere locale delle soluzioni. Sistemi lineari. Soluzione dei sistemi lineari a coefficienti costanti. Equazioni lineari d'ordine superiore. Soluzione delle equazioni lineari a coefficienti costanti. Spazio delle fasi.

Curve in R^n . Parametrazioni. Lunghezza di una curva. Integrale di una funzione esteso ad una curva. Curve orientate. Vettori normali e vettori tangenti ad una curva. Forme differenziali. Condizioni di compatibilità. Forme chiuse e forme esatte. Condizioni di integrabilità. Lemma di Poincaré.

Superfici in R^n . Parametrazioni. Piano tangente. Area di una superficie. Integrale di una funzione esteso ad una superficie. Superfici orientabili. Orientazione di una superficie. Forme differenziali bilineari. Differenziale esterno. Formula di Stokes. Specializzazione dei risultati al caso del piano e dello spazio. Formule di Gauss-Green, di Gauss-Ostrogradsky e di Stokes-Ampère. Analisi vettoriale nello spazio ordinario.

Un programma più dettagliato verrà fornito al termine delle lezioni.

Testi consigliati:

T. APOSTOL, *Calcolo*, voll. 1, 2, 3, Boringhieri.

G.C. BAROZZI, S. MATARASSO, *Analisi matematica I*, Zanichelli.

M. BRAUN, *Differential equations and their applications*, (Applied mathematical sciences), Springer.

W. FLEMING, *Functions of several variables* (Undergraduate texts in Mathematics), Springer.

P. MARCELLINI, P. SBORDONE, *Esercitazioni di matematica*, parte II, 2 voll., Liguori.

S. MATARASSO, T. RUGGERI, *Analisi matematica II*, (Calcolo differenziale), ed. Esculapio (Progetto Leonardo).

S. MATARASSO, T. RUGGERI, *LabMat 2* (Equazioni differenziali lineari. Temi di esame), ed. Esculapio (Progetto Leonardo).

C. PAGANI, S. SALSA, *Analisi matematica 2*, Masson.

C. RAVAGLIA, *Analisi matematica 2*, dispense, edizioni Nautilus.

C. RAVAGLIA, *Compiti d'esame*, edizioni Nautilus.

Esame: scritto e orale.

ANALISI MATEMATICA III

Docenti: **Giulio Cesare Barozzi** prof. ord. (A-K)
(L-Z)

Finalità dell'Insegnamento

Fornire agli studenti gli schemi concettuali e gli strumenti matematici per seguire gli insegnamenti relativi alla laurea in Ingegneria Elettronica, Informatica e Telecomunicazioni.

Programma

Funzioni di una variabile complessa e trasformata di Laplace

Richiami sul campo complesso. Funzioni analitiche; le condizioni di Cauchy-Riemann. Rappresentazioni conformi. Integrazione in campo complesso: il teorema integrale di Cauchy, la formula di Cauchy. Richiami sulle serie di potenze. Sviluppo di una funzione analitica in serie di potenze. Indefinita derivabilità delle funzioni analitiche. Il teorema di Morera. Zeri delle funzioni analitiche e loro proprietà. Funzioni intere. Il teorema di Liouville, il teorema fondamentale dell'algebra. Sviluppo di una funzione analitica in una corona circolare in serie bilatera; il teorema di Laurent. Punti singolari isolati e loro classificazione. Residui; il teorema dei residui con applicazioni al calcolo di integrali impropri. La trasformata di Laplace (L.T.); definizione e principali proprietà. Analiticità della L.T. Applicazione alla soluzione di equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti. Il teorema del valore finale. Convoluzione di segnali. Inversione della L.T.

Analisi di Fourier

Serie di F.: convergenza puntuale, convergenza uniforme, convergenza in media quadratica. Spazio di Hilbert. La disuguaglianza di Bessel, L'identità di Parseval. La trasformata di Fourier (F.T.); definizione e principali proprietà. L'inversione della F.T.; legame tra la L.T. e la F.T.

Calcolo delle probabilità e processi stocastici

Gli assiomi della probabilità. Variabili aleatorie; funzioni di variabili aleatorie. Variabili aleatorie doppie e relative funzioni. Processi stocastici stazionari.

Testi consigliati:

J. BACK, D.J. NEWMAN, *Complex Analysis*, Springer, New York, 1982.

A.N. KOMOGOROV, S.V. FOMIN, *Elementi di teoria delle funzioni e di analisi funzionale*, Editori Riuniti, Roma.

A. PAPOULIS, *Probabilità, variabili aleatorie, processi stocastici*, Boringhieri, Torino, 1973. Dispense tratte dalle lezioni (relative a Funzioni di una variabile complessa), L.T. (G.C. Barozzi); F.T. (F. Segala); serie di Fourier (G.C. Barozzi), Esculapio, Pitagora (Bologna).

Esame: scritto e orale.

Propedeuticità consigliate: Analisi Matematica I e II, Geometria e Algebra.

ANALISI NUMERICA

Docente: **Fiorella Sgallari** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di fornire le nozioni e gli strumenti di calcolo necessari per la soluzione di problemi classici dell'ingegneria e della matematica applicata e nello svolgimento di tesi in varie discipline dell'Ingegneria.

Sistemi di equazioni lineari

Metodi diretti: fattorizzazione LU e QR. Algoritmi di base (Gauss, Crout, Cholesky Householder, Gram-Schmidt). Metodi iterativi. Algoritmi di base (Jacobi, Gauss-Seidel Jacobi e Gauss-Seidel a blocchi, rilassamento). Metodi per sistemi di grandi dimensioni metodi del gradiente, metodi del gradiente coniugato, metodi di Krylov (GMRES, BCG QMR, ecc.). Precondizionamento. Metodi rapidi: Fourier e multigrad (cenni). Sistemi mal condizionati. Problema lineare dei minimi quadrati.

Autovalori ed autovettori

Localizzazione degli autovalori. Condizionamento. Metodo delle potenze e delle potenze inverse e varianti. Deflazione. Metodi per similitudine: Jacobi, Givens, Householder e Lanczos. Matrici tridiagonali simmetriche. Metodo QR e varianti. Metodi per problemi di grandi dimensioni (cenni).

Equazioni e sistemi non lineari

Generalità, problemi di punto fisso, ordine di convergenza, condizioni di convergenza 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, metodo di Jacobi e Gauss-Seidel non lineari. Metodi per sistemi non lineari di grandi dimensioni: metodi di Newton inesatti e quasi-newtoniani.

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. Approssimazione con funzioni trigonometriche. Trasformata rapida di Fourier (FFT unidimensionale e multidimensionale).

Derivazione ed integrazione

Generalità. Formule di quadratura interpolatorie. Formule di Newton-Cotes. Formule newtoniane composite. Metodo di estrapolazione di Richardson. Formule Gaussiane. Formule di integrazione in più dimensioni (cenni). Formule di 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. Metodi di shooting. Metodi alle differenze. Metodi variazionali. 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. Convergenza stabilità. Principi variazionali. Nozione di soluzione debole. Elementi finiti. Problemi ellittici. Problemi parabolici.

Testi consigliati:

Verranno consigliati testi e forniti software che permettano l'approfondimento soprattutto di argomenti indispensabili per l'indirizzo scelto e/o utili allo svolgimento della tesi.

Per questo scopo verranno organizzati, quando necessario, seminari specifici per l'approfondimento di nuove metodologie.

Esami: l'esame consiste in una prova orale.

ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI (vedi 49)

ARCHITETTURE DEI SISTEMI INTEGRATI

Docente: **Roberto Guerrieri prof. ass.**

L'Insegnamento si propone di investigare le architetture dei calcolatori integrati, al fine di dare gli strumenti concettuali per comprendere le scelte architetturelle che hanno portato ai sistemi di calcolo odierni e per guidare in scelte progettuali autonome a livello architetturelle.

Programma

1. *Progetto gerarchico di sistemi integrati*

Struttura del costo economico di un sistema basato su circuiti integrati. Approccio gerarchico al progetto di un sistema elettronico.

- Partizione del progetto tra hardware e software. Problemi di progetto integrato della parte hardware e quella software.
- Linguaggi concorrenti per la specifica e la sintesi di sistemi integrati: il VHDL.
- Analisi di alcune scelte realizzative di sistemi integrati:
- Descrizione dei gate array programmabili (FPGA) e delle relative tecniche di programmazione.
- Progetto di gate-array e sea-of-gates.

2. *Elementi di elettronica di sistema*

Packaging di circuiti integrati: dissipazione termica, effetto delle connessioni tra circuito integrato e scheda.

Distribuzione dell'alimentazione su chip e scheda.

Progetto di schede: effetti induttivi e capacitivi delle linee di interconnessione sulla propagazione del segnale; effetti delle discontinuità elettriche.

Connessione di schede tramite bus: il bus VME.

La verifica di funzionalità dei sistemi integrati: descrizione dello standard IEEE 1149.

3. *Esame di uno specifico subsistema elettronico*

Verrà esaminato il subsistema di memoria di una stazione di lavoro avanzata con enfasi sulla interazione tra le specifiche elettriche di sistema e le esigenze architetturelle.

Esame del sistema di memoria in alcuni processori recentemente presentati in letteratura.

Testi consigliati:

- J. HENNESSY, D. PATTERSON, *Computer Architecture: A Quantitative Approach*, Morgan Kaufmann Publishers, 1990.
- N. WESTE, K. ESHRAGHIAN, *Principles of CMOS VLSI Design: A System Perspective*, Addison-Wesley, 1992.

H.B. BAKOGLU, *Circuits, Interconnections, and Packaging for VLSI*, Addison-Wesley, 1990.

Materiale distribuito dal docente.

L'Insegnamento prevede un ciclo di *esercitazioni* di laboratorio in un'aula appositamente attrezzata con un congruo numero di stazioni di lavoro SUN. Sarà inoltre reso disponibile software avanzato per la specifica e la sintesi di sistemi integrati. Gli studenti avranno l'opportunità di sviluppare un progetto consistente in un sistema integrato le cui specifiche verranno definite di anno in anno. Sarà anche possibile svolgere progetti coordinati da parte di gruppi di studenti. L'eventuale collaudo del sistema realizzato potrà essere svolta durante la preparazione della tesi di laurea.

Esame: scritto e orale.

AUTOMAZIONE E ORGANIZZAZIONE SANITARIA

Docente: **Claudio Lamberti** ric.

L'Insegnamento tratta problemi connessi con l'organizzazione e la gestione di una struttura sanitaria, in particolare per ciò che concerne le apparecchiature biomediche.

Vengono illustrati i principi di funzionamento di alcune tipologie di apparecchiature biomediche, e le metodologie ed i supporti tecnologici oggi disponibili per una loro gestione corretta e sicura.

Programma

1. *Sistemi diagnostici.*

Evoluzione della tecnologia nei presidi sanitari. Laboratorio di Elettrocardiografia diagnostica e di Elettrocardiografia dinamica. Apparecchiature a Raggi X. Laboratorio di cateterismo cardiaco. Unità di Terapia Intensiva. Ultrasuoni ed Ecografia. Litotritore extracorporeo. Tomografia Computerizzata. Risonanza Magnetica Nucleare. Valutazione della accuratezza di test diagnostici.

2. *Tecnologie biomediche e Ingegneria Clinica.*

Definizioni e classificazione. L'ingegnere clinico e il tecnico biomedico: attività e competenze. Criteri per il dimensionamento di un Servizio di Ingegneria clinica. Dati orientativi sulla consistenza del parco tecnologico. La certificazione di qualità. Il processo di Technology Assessment. La gestione delle tecnologie nei presidi sanitari. L'acquisizione e la manutenzione delle apparecchiature.

3. *Sistemi Informativi Sanitari.*

Caratteristiche generali dei principali componenti di un Sistema Informativo Sanitario. Modello centralizzato e modello distribuito. Alcune realizzazioni significative. Cartella clinica tradizionale e problemi relativi alla sua informatizzazione. Indicatori sanitari. Raggruppamenti Omogenei di Diagnosi (DRG/ROD) e loro utilizzo.

*Visita guidata 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.

Clinical Engineering. Principles and Practices, Edited by J.G. Webster and A.M. Cook, Prentice-Hall, 1979.

Management of Medical Technology. A Primer for Clinical Engineers, Edited by J.D. Bronzino, Butterworth-Heinemann, 1992.

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.

AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

Docente: **C. Amanti** (esterno all'Università)

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-MRP II-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.

BIOINGEGNERIA I

Docente: **Gianni Gnudi** prof. ass.

L'Insegnamento 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, che sono normalmente oggetto di misura, elaborazione e controllo.

Programma

1. L'ingegneria biomedica

- definizione e finalità dell'ingegneria biomedica
- figure professionali e relativa terminologia internazionale
- situazione negli ospedali, nelle università e nell'industria, in Italia e nel mondo

2. Elementi propedeutici di biologia e fisiologia

- proprietà chimiche e fisiche generali della sostanza vivente
- organizzazione degli esseri viventi: cellule, tessuti, organi ed organismi
- confronto fra sistemi biologici e sistemi artificiali e problemi posti all'impiego del metodo ingegneristico nell'analisi dei sistemi biologici
- la cellula e le sue funzioni
- trasporto attraverso la membrana cellulare
- modello elettrico di membrana e potenziale di azione
- l'organismo umano come sistema che funziona ed interagisce con l'ambiente attraverso un flusso continuo di materia, energia ed informazione

3. Sistema cardiocircolatorio

- struttura generale
- proprietà chimiche e fisiche del sangue
- elementi di emodinamica: trattazione semplificata del flusso ematico pulsatile nei vasi sanguigni e analisi fenomenologica del flusso nei vasi collassabili
- gli eventi cardiaci: andamenti temporali e valori tipici delle principali grandezze
- il modello windkessel
- il sistema cardiovascolare come circuito chiuso: analisi ai valori medi secondo Guyton; curva di funzione cardiaca, curva del ritorno venoso e relativo punto di lavoro
- scambi tra sangue e liquido interstiziale
- metodologie di misura della pressione, della portata e del volume ematici nei vari distretti, nonché dei principali parametri che caratterizzano il sistema cardiovascolare
- circolazione linfatica

4. Sistema renale

- distribuzione dei liquidi nell'organismo
- struttura generale e principi di funzionamento del rene
- definizione e misura della renale
- portata di filtrazione glomerulare e sua misura
- ruolo del rene nel mantenimento dell'omeostasi

5. Sistema respiratorio

- struttura generale e principi di funzionamento
- ventilazione polmonare, volumi e capacità relativi
- analisi semplificata della dinamica respiratoria
- meccanismi di trasporto dei gas nei polmoni
- trasporto dell'ossigeno e dell'anidride carbonica nel sangue, nei liquidi e tessuti corporei
- misure di funzionalità respiratoria

6. Modelli a compartimenti

- definizione di compartimento
- descrizione della cinetica di sostanze mediante scambi fra compartimenti
- identificabilità a priori ed elementi di identificazione parametrica

7. Elementi di regolazione dell'equilibrio acido-base

8. Elementi di elettrocardiografia

- potenziale di azione propagato
- basi fisiche dell'elettrocardiografia
- derivazioni elettrocardiografiche e dipolo cardiaco
- cenno ai principali sistemi di derivazioni ECG

L'Insegnamento è integrato da *esercitazioni* al computer consistenti nella soluzione di problemi, nella messa a punto e impiego di semplici programmi per la simulazione di esperimenti fisiologici e clinici.

Testi consigliati:

Dispense redatte dal docente.

D.O. COONEY, *Biomedical Engineering Principles*, Marcel Dekker, New York, 1976.

A.C. GUYTON, *Trattato di fisiologica medica*, Piccin Nuova Libreria, Padova, 1987, 3ª edizione italiana dalla 6ª americana a cura di A. Curatolo e P. D'Arcangelo.

Esame: scritto e orale.

BIOINGEGNERIA II

Docente: **Angelo Cappello** prof. ass.

Scopo dell'Insegnamento è quello di fornire una visione unificante dei fenomeni biomeccanici nella fisiopatologia umana. Partendo dalla meccanica dei corpi rigidi viene dapprima affrontato lo studio cinematico e dinamico del movimento umano, sottolineandone la rilevanza in clinica ortopedica, riabilitazione e medicina sportiva. Evidenziati i limiti dell'ipotesi di rigidità, viene quindi introdotta la meccanica dei mezzi continui deformabili secondo un formalismo semplificato che fa ampio ricorso al calcolo matriciale. Vengono così introdotte le nozioni di base per l'analisi delle proprietà meccaniche dei tessuti biologici e per lo studio dei principali sistemi fisiologici.

Partendo dall'analisi delle modalità di 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. Particolare enfasi è data allo studio dei sistemi cardiovascolare e muscolo-scheletrico, con applicazioni alla fisiologia e alla clinica.

Attraverso semplici esempi viene infine illustrata l'applicazione di queste conoscenze al progetto ingegneristico di apparecchiature diagnostiche e terapeutiche.

L'Insegnamento coordinato con gli altri Insegnamenti dell'indirizzo di Bioingegneria, è specificamente orientato agli allievi elettronici, non solo per la scelta dei contenuti, ma anche per la trattazione dei problemi orientata alla loro soluzione mediante calcolatore elettronico.

Programma

1. *Dinamica della locomozione.* Richiami di meccanica dei corpi rigidi. Componenti del sistema neuro-muscolo-scheletrico. Cinematica e dinamica della locomozione. Il Laboratorio di Analisi del Movimento. Modelli diretti ed inversi del sistema muscolo-scheletrico. Applicazioni in ortopedia, medicina sportiva e riabilitazione.

2. *Meccanica del continuo per lo studio di materiali e sistemi biologici.* Tensione, spostamento e deformazione. Equazioni costitutive: fluido non viscoso, fluido viscoso newtoniano, solido elastico di Hooke. Bilancio di materia ed energia nei mezzi continui. Equazione di Navier-Stokes per un fluido newtoniano incomprimibile, equazione di Navier per un solido elastico lineare.

3. *Meccanica dei tessuti passivi*. I biomateriali. Caratteristiche di comportamento: elasticità non lineare, rilassamento, creep, isteresi. Analisi alle piccole deformazioni: viscoelasticità lineare. Modelli di Maxwell e di Voigt. Solido lineare standard. Modello di Boltzmann. Applicazioni: tendini, legamenti. I vasi arteriosi come esempio di materiale composito.

4. *Meccanica ortopedica*. Biomateriali di ortopedia: cartilagine, osso, materiali protesici. Rimodellamento osseo. Tecniche computazionali. Il Laboratorio di Tecnologia dei Materiali: misure sui materiali e componenti. La protesi d'anca.

5. *Meccanica dei tessuti contrattili*. Il muscolo scheletrico: struttura e proprietà meccaniche. Modelli fisico-matematici: relazione forza-lunghezza-velocità di accorciamento. Integrazione con la dinamica del movimento. L'elettromiogramma (EMG). Il muscolo cardiaco: struttura, proprietà meccaniche, modellistica.

6. *Meccanica cardiaca*. Dal muscolo cardiaco alla meccanica ventricolare. Il cuore come pompa pulsatile: modelli ad elastanza variabile. Il cuore artificiale.

7. *Fluidodinamica arteriosa*. Il sistema vascolare nell'uomo. Il sangue. Le grandi arterie, la microcircolazione. Il problema fluidodinamico. Fenomeni non lineari: caratteristica elastica della parete arteriosa, grandi deformazioni, accelerazioni convettive, conicità del vaso. Approcci computazionali. Modelli linearizzati. Fenomeni resistivi, inerziali ed elastici. Propagazione nelle arterie. L'impedenza d'ingresso aortica. Interazione cuore-carico. Protesi vascolari, apparecchiature per la circolazione extracorporea.

Testi consigliati:

Dispense redatte dal docente.

D.A. WINTER, *Biomechanics and motor control of human movement*, John Wiley, New York.

B.M. NIGG, W. HERZOG (Eds.), *Biomechanics of the musculo-skeletal system*, John Wiley, New York.

Y.C. FUNG, *Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues*, Springer-Verlag, New York.

M. NORDIN, V.H. FRANKE, *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*, Lea & Febiger, Malvern.

J. BLACK, *Orthopaedic Biomaterials in Research and Practice*, Churchill Livingstone, New York.

V.C. MOW, W.C. HAYES, *Basic Orthopaedic Biomechanics*, Raven Press, New York.

W.R. MILNOR, *Hemodynamics*, Williams & Wilkins, Baltimore.

Esercitazioni.

L'insegnamento è integrato da esercitazioni di laboratorio volte a favorire la capacità di definire e risolvere concreti problemi di biomeccanica. Esse consistono nella riproduzione realistica di esperimenti biomeccanici e nella caratterizzazione di biomateriali e sistemi biologici a partire da dati sperimentali. Verranno inoltre svolte tesine per l'approfondimento di temi specifici e rilevanti dell'insegnamento nonché seminari e visite presso i Laboratori degli Istituti Ortopedici Rizzoli.

Esame: prova scritta in corso d'anno, prova orale finale.

Propedeuticità consigliate: Bioingegneria I.

BIOINGEGNERIA III

Docenti: **Mauro Ursino** prof. ass.

Silvio Cavalcanti ric.

L'Insegnamento illustra le basi dell'analisi modellistica dei fenomeni e dei processi biofisici e si propone di fornire gli elementi essenziali per la comprensione dei sistemi biologici complessi. L'allievo è introdotto a differenti classi di modelli ed alle diverse finalità che l'analisi modellistica dei sistemi biologici cerca di perseguire. Sono discussi i principali approcci della modellistica biologica (modelli dei dati, modelli dei processi e modelli dei fenomeni) cercando di contemperare l'approccio deterministico a quello stocastico. Sono presentati i principali strumenti per l'analisi del comportamento dinamico di un biosistema, per lo sviluppo dei simulatori e per la 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, in particolare: modelli cinetici di reazioni molecolari ed enzimatiche con saturazione, modelli di meccanismi in retroazione che operano nella regolazione di variabili fisiologiche, modelli d'interazione tra meccanismi in competizione o in cooperazione, modelli di fenomeni a costanti distribuite.

Simulazione numerica

Classificazione dei metodi d'integrazione numerica. Errori d'integrazione. Richiami sui criteri per l'analisi della stabilità. Rassegna sul software per la simulazione numerica.

Analisi globale

Operatore evoluzione e flusso. Invarianti al flusso. Punti di equilibrio, cicli limiti e tori. Soluzioni periodiche e quasi-periodica. Comportamento asintotico. Insiemi limiti, attrattore e repulsore. Invariante iperbolico e non iperbolico. Varietà associate ad un invariante iperbolico. Separatrici e bacini di attrazione.

Analisi locale

Spazio degli stati e ricerca delle condizioni d'equilibrio. Equivalenza topologica tra sistemi. Teorema di Hartman-Grobman. Linearizzazione nell'intorno di una condizione d'equilibrio. Teorema della varietà stabile e della varietà centrale. Topologia delle traiettorie nell'intorno di un punto d'equilibrio. Classificazione dei punti d'equilibrio.

Teoria delle biforcazioni

Proprietà strutturali di un sistema dinamico. Biforcazioni come collisioni tra invarianti Biforcazioni locali e biforcazioni globali. Biforcazioni catastrofica e non catastrofica Biforcazione di Hopf sub- e super-critica. Teorema di Lienard. Biforcazione fold e flip. Sistemi con funzione potenziale e forme minime. Biforcazione nodo-sella, forcone e tangente. Catastrofe a cuspid e a piega. Ciclo di isteresi. Biforcazione di Neimark-Sacker sub-

super-critica. Biforcazione omoclina e biforcazione eteroclina. Mappa di Poincarè per lo studio delle biforcazioni.

Sistemi a dinamica complessi

Regime caotico. Invarianti strani. Infinita sensibilità alle condizioni iniziali. Impredicibilità di un sistema caotico. Transizione al caos. La cascata di flip e la costante di Feigenbaum Lo scenario di Takens-Ruelle Dinamica di Verhulst. Dimensione frattale. Insiemi di Cantor e mappa di Smale. Autovalori generalizzati. Moltiplicatori caratteristici. Entropia ed esponente di Hurst e di Lyapunov. Dimensione di correlazione. Teorema di Takens Caratterizzazione frattale di strutture biologiche e di processi d'accrescimento.

I sistemi neuro-sensoriali

Richiami alle leggi termodinamiche: il potenziale elettrochimico e l'energia libera. E potenziale di equilibrio di una membrana. La legge di Nernst. Equilibrio di più specie ioniche: la legge di Goldman. Meccanismi di trasporto attivo: la pompa sodio-potassio. Analogo elettrico della membrana cellulare. Il potenziale di membrana propagato lungo una fibra nervosa: modello lineare. Caratteristiche e funzione del potenziale d'azione. Gli esperimenti e il modello di Hodgkin-Huxley. Modello del potenziale d'azione propagato lungo una fibra nervosa. Caratteristiche principali della trasmissione sinaptica. La competizione laterale e la formazione di mappe auto-organizzate. Elementi di organizzazione della corteccia cerebrale. La retina. Elaborazione dell'informazione nella retina: il riconoscimento dei contorni, del movimento e del colore.

Meccanismi di regolazione cardiovascolare

Il sistema cardiovascolare in assenza di controllo: il modello di Attinger. Fattori che determinano la gittata cardiaca: la pressione di riempimento sistemica, il ritorno venoso e la legge di Starling. Il sistema baroriflesso: caratteristiche principali delle parti afferenti, efferenti, e degli effettori.

Esempi trattati nel corso delle esercitazioni

Innesco di oscillazioni in un sistema biomeccanico. Modello di pompa cardiaca. Diagramma delle biforcazioni per il neurone Accoppiamento tra oscillatori neuronali Variabilità dei segnali nei sistemi biologici Dinamica dei leucociti. Influenza dei ritardi finiti nei meccanismi di regolazioni. Controlli delle funzioni cardiovascolari. Oscillazioni complesse nella circolazione periferica. L'equazione di Malthus. Crescita logistica. Modello di due specie in competizione. Modelli di interazione preda-predatore. Le equazioni di Lotka-Volterra.

CALCOLATORI ELETTRONICI I

Docenti: **Giovanni Neri** prof. ord. (A-K)

Tullio Salmon Cinotti prof. ass. (L-Z)

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 aritmetica.

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.

Multiprocessing - 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.

CALCOLATORI ELETTRONICI II

Docente: **Maurelio Boari** prof. ord.

L'Insegnamento si propone di introdurre i concetti fondamentali nel campo del software di base e in particolare dei sistemi operativi e di definire l'interazione esistente tra il software di base e l'architettura dei sistemi di calcolo.

Programma

1. Introduzione e brevi richiami sulla classificazione dei sistemi di calcolo e sulle loro modalità di gestione.

2. Proprietà e funzioni principali di un sistema operativo. Processi concorrenti, modalità di interazione tra processi. Primitive di sincronizzazione, blocco critico.

Struttura e proprietà del supporto a tempo di esecuzione di un sistema di processi nel caso mono e multiprocessore.

3. Algoritmi per la gestione dell'unità di elaborazione.

Gestione della memoria: memoria virtuale, tecniche di realizzazione della memoria virtuale. Gestione dei dispositivi di ingresso uscita. Gestione degli archivi. Modelli e tecniche di protezione.

4. Modelli per la comunicazione tra processi: memoria globale, scambio di messaggi, chiamata di procedura remota. Costrutti linguistici ad alto livello per esprimere la concorrenza nei singoli modelli. Linguaggi di programmazione concorrente. Azioni atomiche.

5. Sistemi distribuiti: motivazioni, topologia, modelli, meccanismi di comunicazione e sincronizzazione. Sistemi operativi di rete. Accesso remoto agli archivi.

6. Sistema operativo UNIX. Struttura ed organizzazione. Linguaggio comandi.

Testi consigliati:

P. ANCILOTTI, M. BOARI, *Principi e tecniche di programmazione concorrente*, UTET, 1988.

A. SILBERSCHATZ, J.L. PETERSON, *Operating System Concepts*, Addison Wisley, 1988.

Esame: scritto e orale.

CAMPI ELETTROMAGNETICI

Docenti: **Paolo Bassi** prof. ass. (A-K, 1° modulo)

Alessandro Lipparini prof. ass. (A-K, 2° modulo)

Vittorio Rizzoli prof. ord. (L-Z)

Finalità dell'Insegnamento:

Introduzione ai fenomeni fisici che sono alla base dei sistemi di telecomunicazioni e alla loro descrizione matematica.

Programma dell'Insegnamento:

Postulati di definizione del campo elettromagnetico. Equazioni di Maxwell. Relazioni costitutive dei mezzi materiali. Teorema di Poynting. Teorema di unicità. Grandezze sinusoidali e vettori complessi rappresentativi. Polarizzazione. Formulazione nel dominio delle frequenze delle equazioni di Maxwell. Equazioni di Helmholtz. Discontinuità e correnti superficiali. Conduttore elettrico e magnetico perfetto. Principio di dualità. Teorema di Poynting nel dominio delle frequenze. Cavità risonanti. Teorema di unicità nel dominio delle frequenze. Teorema delle immagini. 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. Introduzione all'ottica geometrica. Soluzioni delle equazioni di Maxwell tramite potenziali. Metodo della funzione di Green. Espressioni generali del campo. Problemi di scattering.

Quasi stazionarietà e circuiti a costanti concentrate.

Sorgenti elementari. Campo irradiato da un elemento di corrente. Campo vicino e campo a grande distanza. Sorgenti estese. Momento equivalente. Campo a grande distanza di una sorgente generica. Grandezze caratteristiche della radiazione: intensità di radiazione,

funzione di radiazione, direttività e guadagno. Problema della ricezione. Area efficace. Formula di trasmissione. Dipoli elettromagnetici. Antenne ad apertura. Antenne composite e schiere.

Strutture cilindriche e loro modi. Modi TEM. Modi TM e TE di strutture omogenee chiuse e aperte. Ortogonalità tra i modi. Eccitazione di una guida e discontinuità. Modi ibridi di strutture non omogenee chiuse e aperte. Fibre ottiche. Distorsione dei segnali nella trasmissione su portante fisico. Velocità di gruppo. Strutture con perdite. Descrizione circuitale della propagazione TEM. Definizione di tensione e corrente. Coefficienti di capacità di una linea di trasmissione. Equazioni dei telegrafisti. Circuito equivalente. Definizione elettromagnetica di rete elettrica ad n-ports. Matrice di diffusione e altre matrici circuitali. Linee di trasmissione ordinarie e grandezze caratteristiche. Linee a basse perdite e senza perdite. Regimi di una linea. Rapporto d'onda stazionaria. Carta di Smith. Adattamento.

Testi consigliati:

VITTORIO RIZZOLI, *Lezioni di campi elettromagnetici*, Esculapio, Progetto Leonardo.
VITTORIO RIZZOLI e ALESSANDRO LIPPARINI, *Propagazione elettromagnetica guidata*, Esculapio, Progetto Leonardo.

Testi per la consultazione:

PAOLO BASSI, *Appunti di propagazione in guida dielettrica*, CLUEB.
GIUSEPPE CONCIAURO, *Introduzione alle onde elettromagnetiche*, Mc Graw Hill.
GIAN CARLO CORAZZA, *Campi elettromagnetici*, Zanichelli.
GIORGIO FRANCESCHETTI, *Campi Elettromagnetici*, Boringhieri.

Esami

Orali (teoria e soluzione di esercizi)

Propedeuticità consigliate:

Analisi matematica I e II. Fisica generale II. Elettrotecnica.

CHIMICA

Docenti: **Flavio Zignani** prof. ord. (A-D) (45)
Maurizio Toselli ric. (E-O)
Agostino Desalvo prof. ass. (P-Z)

L'Insegnamento si propone: a) inquadrare in modo del tutto generale l'intero campo delle proprietà microscopiche dei sistemi chimici analizzando la struttura chimica dei nuclei atomici, degli atomi e delle molecole; b) coordinare l'insieme delle proprietà macroscopiche dei sistemi chimici impiegando la trattazione termodinamica, e facendo uso ove possibile delle conoscenze della struttura microscopica della materia già acquisite; c) dare

particolare rilievo allo studio delle proprietà chimico-fisiche di quegli elementi e composti chimici di grande importanza nelle applicazioni elettroniche.

Parte I - Struttura della materia. Sistemi omogenei ed eterogenei: concetto di fase. Cenni storici sulle particelle costituenti l'atomo. Dimensioni e massa degli atomi. Isotopi. Scala dei pesi atomici. Unità di massa atomica.

Il nucleo dell'atomo. Numero di massa e numero atomico. Nuclidi stabili ed instabili.

Radioattività e processi di decadimento radioattivo. Famiglie radioattive. Difetto di massa ed energia nucleare. Cenni su fissione e fusione nucleare.

Struttura elettronica degli atomi. Spettri di emissione caratteristici degli atomi. Raggi X e legge di Moseley. Quantizzazione dell'energia. Modello atomico di Bohr-Sommerfeld. Spin dell'elettrone. Principio di esclusione di Pauli. Principio di indeterminazione. Natura dualistica dell'elettrone. Meccanica ondulatoria: la funzione d'onda e suo significato. Atomo di idrogeno. Numeri quantici e orbitali. Orbitali atomici e livelli energetici di atomi con più elettroni.

Distribuzione degli elettroni e sistema periodico. Regola di Hund. Riempimento progressivo degli orbitali: configurazioni elettroniche degli atomi. Il sistema periodico: gruppi, periodi e serie di transizione. Proprietà periodiche.

Il legame chimico. Interazioni tra atomi. Curva di Morse. A) *Il legame ionico.* La molecola e il cristallo di un composto ionico. Valenza ionica: struttura e proprietà dei composti ionici. B) *Il legame covalente:* legami semplici e multipli. Molecole polari e non polari. Legame covalente di coordinazione. Stati di ossidazione degli elementi. La teoria dei legami di valenza: orbitali ibridi e geometria molecolare. Concetto di isomeria. Molecole poliatomiche tipiche. La teoria degli orbitali molecolari: molecole biatomiche omonucleari ed eteronucleari. Il legame polarizzato. Orbitali delocalizzati. C) *Il legame metallico.* Teoria delle bande. Conduttori, isolanti e semiconduttori. D) *Legame a idrogeno e forze di Van der Waals.*

Parte II - Stati di aggregazione della materia. Lo stato gassoso. Leggi fondamentali e loro applicazioni ai gas ideali e reali. Temperatura critica e di liquefazione. Lo stato solido. Tipi e caratteristiche dei solidi ionici, amorfi e cristallini. Difetti reticolari nei cristalli. Soluzioni solide. Lo stato liquido. Equilibrio liquido-vapore. Tipi di soluzioni: gassose, liquide e solide. Composizione di una soluzione: modi di esprimere la concentrazione delle soluzioni. Soluzioni ioniche.

Parte III - Dinamica chimica. Formule chimiche. Leggi delle combinazioni chimiche. Tipi di reazioni e loro bilanciamento. Calcoli stechiometrici. Pesi equivalenti nelle diverse reazioni chimiche. 1° *Principio della Termodinamica.* Concetto di sistema, funzione di stato, reversibilità, irreversibilità, lavoro e calore. Energia interna ed entalpia. Relazione tra C_p e C_v . Termochimica. Energia in gioco nelle reazioni: calcolo delle entalpie di reazione. Reazioni eso- ed endo-termiche. Legge di Hess e sue applicazioni. Entalpia di formazione e di combustione. 2° *Principio della termodinamica:* trasformazioni spontanee e probabilità termodinamica di stato. Concetto di entropia. 3° *Principio della termodinamica* e calcolo della entropia assoluta. Trasformazioni spontanee ed energia libera. Energia libera standard. Variazione di energia libera in una reazione. Le costanti di equilibrio. Determinazione della composizione all'equilibrio e del rendimento di una reazione. Fattori che inci-

dono sull'equilibrio chimico. Equilibri omogenei ed eterogenei. Dissociazione dell'acqua e prodotto ionico. Acidi, basi e sali. Forza degli acidi e delle basi. Calcolo del pH. Idrolisi. Prodotto di solubilità. *Equilibri tra fasi diverse*. Regola delle fasi e applicazioni. Equazione di Clausius-Clapeyron. Diagrammi di stato di sistemi ad un componente: H_2O , CO_2 e zolfo.

Termodinamica elettrochimica. Potenziale elettrochimico. Semielementi e pile. Equazione di Nernst. Serie dei potenziali standard. Applicazioni elettrochimiche. Elettrolisi e tensione di decomposizione. Leggi di Faraday. Cenni sulla corrosione dei metalli.

Parte IV - Cinetica chimica. Velocità di reazione. Influenza della concentrazione sulla velocità di reazione: equazione cinetica e ordine di reazione. Influenza della temperatura sulla velocità di reazione: teoria delle collisioni, complesso attivato, energia di attivazione, fattore sterico ed equazione di Arrhenius. Catalisi omogenea ed eterogenea: azione dei catalizzatori.

L'insegnamento comprende anche esercizi e calcoli numerici (stechiometria, termodinamica chimica, equilibri chimici, pH, idrolisi, solubilità, ed elettrochimica).

Testi consigliati:

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di Chimica*, Ed. UTET, Torino.

P. MANARESÌ, E. MARIANUCCI, *Problemi di chimica per Ingegneria*, Ed. Esculapio, Bologna, 1993.

R.A. MICHELIN, M. MOZZON, A. MUNARI, *Test ed Esercizi di Chimica*, CEDAM, Padova.

Esami: orali.

CHIMICA A

Docente: **Agostino Desalvo** prof. ass.

L'Insegnamento si propone:

- a) di inquadrare in modo del tutto generale le proprietà dei sistemi chimici analizzando la struttura elettronica degli atomi e delle molecole;
- b) 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. 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. Legame chimico nelle molecole e nei cristalli: Legame ionico e struttura dei cristalli ionici. Legame covalente: cenni agli orbitali molecolari. 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: equazione di stato dei gas perfetti. Miscele di gas ideali e legge di Dalton.

– lo stato liquido: pressione di vapore. Soluzioni e unità di concentrazione. Soluzioni ideali e legge di Raoult.

– lo stato solido: reticoli cristallini. Difetti reticolari. Soluzioni solide.

5. Le reazioni chimiche: formule chimiche e nomenclatura chimica. Tipi di reazioni: bilanciamento delle reazioni di ossidoriduzione. Calcoli stechiometrici.

6. Termochimica: Energia in gioco nelle reazioni chimiche: reazioni esotermiche e endotermiche. Legge di Hess e sue applicazioni. Reazioni di combustione.

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. Equilibrio chimico: l'equilibrio chimico da un punto di vista cinetico. 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. Calcolo del pH di acidi e basi deboli in soluzione acquosa.

Testi consigliati:

R.A. MICHELIN e A. MUNARI, *Fondamenti di Chimica per Ingegneria*, Ed. CEDAM, 1992.

P. MANARESI e E. MARIANUCCI, *Problemi di Chimica per Ingegneria*, Ed. Esculapio, 1992.

R.A. MICHELIN, M. MOZZON e A. MUNARI, *Test ed Esercizi di Chimica*, Ed. CEDAM, 1995.

Esami: orali.

CHIMICA FISICA DEI MATERIALI SOLIDI

Docente: **Renato Colle** prof. ord.

L'Insegnamento si propone di far acquisire i fondamenti della meccanica quantistica e i primi elementi di meccanica statistica, nonché di presentare varie applicazioni di tali discipline a problemi atomici, molecolari e di stato solido. L'Insegnamento può essere considerato come base culturale a sé stante, oppure coordinato con l'Insegnamento di Elettronica dello Stato Solido.

Programma

MECCANICA QUANTISTICA

Parte I: Introduzione alla Meccanica quantistica.

Crisi della fisica classica: difficoltà connesse con i calori specifici, lo spettro del corpo nero, l'interpretazione dell'effetto fotoelettrico, dell'effetto Compton e degli spettri atomici. Nuovi modelli interpretativi: fotoni, ipotesi di Bohr, ipotesi di de Broglie. Discussione e interpretazione delle esperienze di Bragg, Davisson-Germer, Stern-Gerlach, delle esperienze di interferenza e delle esperienze con il polaroid e il cristallo birifrangente. Misure compatibili e incompatibili, principio di indeterminazione. Descrizione degli stati di polarizzazione di un fotone. Parallelo tra ottica ondulatoria e meccanica ondulatoria.

Parte II

A) 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 indeterminazione. 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 Schrödinger 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 e interazione radiazione-materia.

B) Meccanica quantistica ondulatoria

Equazioni d'onda e interpretazione fisica della funzione d'onda. Moto di una particella in potenziali modello: proprietà generali, particella libera e pacchetti d'onde, buche e barriere di potenziale, effetto tunnel, potenziale periodico. Approssimazione semiclassica e limite classico della Meccanica quantistica.

C) 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.

D) Applicazioni a problemi atomici e molecolari

Particella in un campo centrale. Sistemi a due particelle: atomi idrogenoidi e molecola biatomica. Principio di esclusione di Pauli, configurazioni elettroniche e determinante di Slater, atomo di elio. Metodi di approssimazione: teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo (struttura fine, effetti Stark e Zeeman), metodo variazionale (Hartree-Fock e problema della correlazione elettronica). Elementi di teoria della diffusione.

E) Applicazioni a problemi di stato solido

Proprietà generali dei solidi. Proprietà geometriche di un cristallo, reticolo diretto e reciproco. Simmetrie puntuali e gruppi puntuali. Strutture cristallografiche. Diffrazione da

strutture periodiche. Proprietà termiche di strutture cristalline. Elettroni liberi nei solidi. Superficie di Fermi e densità dei livelli. Teorema di Bloch e condizioni al contorno, equazione di Schroedinger nello spazio dei momenti, livelli elettronici in un potenziale periodico, livelli energetici vicino ad un piano di Bragg, struttura a bande. Teoria delle bande elettroniche nei solidi. Teoria semiclassica della conduzione nei metalli. Proprietà generali dei semiconduttori.

ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA

Stato di equilibrio e fluttuazioni, densità degli stati, funzione di partizione. Entropia di Boltzmann. Distribuzioni statistiche: Maxwell-Boltzmann, Fermi-Dirac, Bose-Einstein. Esempi ed applicazioni.

Testi consigliati

- C. COHEN-TANNOUDJI, B. DIU and F. LALOE, *Quantum Mechanics*, ed. Wiley.
 J.J. SAKURAI, *Meccanica Quantistica Moderna*, ed. Zanichelli.
 N.W. ASHCROFT and N.D. MERMIN, *Solid-State Physics*, ed. Holt-Saunders International.
 H. IBACH and H. LUTH, *Solid State Physics*, ed. Springer.

CIRCUITI A MICROONDE E ONDE MILLIMETRICHE

Docente: **Alessandro Lipparini** prof. ass.

L'Insegnamento 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 e i suoi blocchi funzionali fondamentali. Architetture tipiche dei front-end per ricetrasmittitori portatili. Cenni sulle tecnologie realizzative: circuiti ibridi su substrato dielettrico e circuiti monolitici su substrato di arseniuro di gallio e al silicio. Importanza delle funzioni non lineari.

Metodi elementari di progetto. Carta di Smith. Adattatori di impedenza a banda stretta.

Simulazione per via numerica di circuiti a microonde lineari e non lineari. Metodi di analisi lineare di circuiti. Cenni sulle tecniche di simulazione non lineare nel dominio dei tempi. Principi di analisi di stabilità per circuiti non lineari forzati e autonomi. Riscaldamento dei dispositivi e smaltimento del calore. Analisi elettrotermica di circuiti operanti in regime di onda continua e di radiofrequenza impulsata.

I principali sottosistemi attivi e non lineari. Amplificatori di topologia tradizionale e amplificatori distribuiti. Convertitori di frequenza (mixer) semplici e bilanciati. Modulatori di ampiezza. Moltiplicatori e divisori di frequenza. Oscillatori liberi, VCO e modulatori di frequenza. Mixer autooscillati.

Metodo generalizzato per il calcolo del rumore nei sottosistemi lineari. Rappresentazione delle sorgenti di rumore. Rumore di conversione e rumore di modulazione. Calcolo della cifra di rumore dei mixer e del rumore di fase negli oscillatori. Metodi di riduzione del rumore di fase. Relazioni tra stabilità e rumore.

Progetto mediante analisi ripetute. Metodi di ottimizzazione. Ottimizzazione di sottosistemi per le prestazioni di segnale e di rumore. Concetto di resa di produzione. Progetto statistico mediante ottimizzazione della resa.

Testi consigliati:

K.C. GUPTA, RAMESH GARG, RAKESH CHADHA, *Computer-Aided Design of Microwave Circuits*, Artech House, Dedham.

STEPHEN A. MAAS, *Nonlinear Microwave Circuits*, Artech House, Norwood.

GEORGE D. VENDELIN, ANTHONY M. PAVIO, ULRICH L. ROHDE, *Microwave Circuit Design*, John Wiley & Sons, New York.

Esame: consiste in una prova orale.

Esercitazioni: comprendono anche sedute al terminale, dedicate alla risoluzione di problemi di simulazione e di progetto mediante programmi commerciali di CAD.

Propedeuticità consigliate: Campi elettromagnetici e Microonde.

Tesi di Laurea. Prevalentemente nell'ambito del CAD di circuiti a microonde. Analisi e progetto con l'ausilio del calcolatore di circuiti integrati lineari e non lineari.

COMUNICAZIONI ELETTRICHE

Docenti: **Leonardo Calandrino** prof. ord. (A-K)

Marco Chiani prof. ass. (L-Z)

Finalità

L'Insegnamento ha lo scopo di introdurre l'allievo nell'ampio scenario delle Comunicazioni Elettriche, ove la numerizzazione dei segnali ha portato ad una sostanziale integrazione delle varie forme dell'informazione, come voce, testi, dati, immagini fisse e in movimento, che vengono unitariamente elaborate, memorizzate, trasmesse (multimedialità). La cosiddetta integrazione delle 4C (Communications, Computers, Consumer, Content) rappresenta il punto di riferimento dell'Insegnamento nel contesto dei sistemi e delle reti di telecomunicazione.

Programma

Segnali e loro elaborazione. Sistemi e reti di telecomunicazione. Organismi normativi internazionali. Aspetti economici e prospettive di sviluppo.

Analisi delle funzioni deterministiche tempo-continue e tempo-discrete nel dominio delle frequenze (Analisi di Fourier). Sue applicazioni allo studio dei sistemi lineari. Condizioni di non distorsione. Il concetto di filtro elettrico. Analisi dei processi aleatori. Lo spettro di potenza.

Segnali analogici e segnali numerici di tipo passa-basso. Diverse tecniche di codifica e di compressione dei segnali.

Segnali passa-banda (Teoria della modulazione). Diverse leggi di modulazione di una portante sinusoidale: AM, QAM, PM, FM.

Il rumore di fondo. Il canale AWGN. Effetti del rumore sulla qualità del segnale ricevuto.

Cenni sui sistemi di trasmissione: fibre ottiche e radiocollegamenti (terrestri e via satellite).

Elementi di Teoria dell'Informazione: entropia di sorgente, capacità di canale, codifica di sorgente e di canale.

Esercitazioni in aula ed in laboratorio.

Testi consigliati:

L. CALANDRINO, G. IMMOVILLI, *Schemi delle lezioni di Comunicazioni Elettriche*, Pitagora Ed., Bologna.

Dispense tratte dalle lezioni.

SKLAR, *Digital Communications, Fundamentals and Applications*, Prentice Hall.

J.G. PROAKIS, M. SALEHI, *Communication Systems Engineering*, Prentice Hall.

C. CAINI, C. RAFFAELLI, *Laboratorio di Comunicazioni Elettriche*, Pitagora Ed., Bologna.

Propedeuticità consigliate: Analisi matematica III, Elettrotecnica.

CONTROLLI AUTOMATICI

Docenti: **Eugenio Sarti** prof. ord. (A-K)

Gloria Capitani prof. ass. (L-Z)

Finalità dell'Insegnamento

Fornire: (a) le nozioni fondamentali di modellistica dei sistemi dinamici, anche in vista delle applicazioni ad altri ambiti disciplinari dei due corsi di laurea interessati; (b) i metodi fondamentali di analisi e sintesi dei sistemi di controllo, in modo da mettere gli studenti in grado di risolvere i più semplici problemi tecnici che gli si possono presentare nell'attività professionale pertinente alle rispettive lauree; (c) un primo inquadramento ingegneristico – sia metodologico sia tecnologico – della problematica tipica dell'elettronica e delle telecomunicazioni.

Programma

Significato e finalità del controllo automatico. Parti componenti fondamentali. Controllo a catena aperta e a retroazione: struttura, proprietà e specifiche; significato ed effetti della retroazione.

Modelli di sistemi dinamici. Tipi di modelli: classificazione, metodi per la loro determinazione. Elementi di teoria dei sistemi a stato vettore e tempo continuo: concetto di stato; rappresentazioni ingresso-stato-uscita e ingresso-uscita. Rappresentazioni mediante le trasformate di Laplace: funzioni di trasferimento. Proprietà fondamentali dei modelli di sistemi dinamici: linearità, controllabilità e osservabilità, stazionarietà; equivalenza e rappresentazioni canoniche. Stabilità: definizioni; condizioni per sistemi lineari e stazionari; metodi per la sua determinazione: metodo di Routh-Hurwitz.

Analisi e sintesi del dominio dei tempi. Risposte impulsive, a gradino, a rampa. Loro dipendenza dal guadagno di maglia e dalla disposizione dei poli. Guadagno e precisione a regime: controllo integrale. Poli dominanti. Effetto del guadagno sulla posizione dei poli: metodo del luogo delle radici. Parametri caratteristici della risposta a gradino: sistemi del secondo ordine senza zeri; estensione a sistemi con struttura più complessa. Specifiche del dominio dei tempi: loro relazione col guadagno e con la posizione dei poli. Tipi di controllori e metodi di progetto. Progetto sul luogo delle radici. Progetto analitico. Progetto per assegnamento dei poli; assegnamento attraverso osservatori dello stato. Confronto fra proprietà e limiti dei diversi metodi: loro uso combinato.

Analisi e sintesi del dominio delle frequenze. Risposta armonica e suo significato: tema della risposta armonica. Rappresentazioni della risposta armonica: diagrammi logaritmici e polari. Criterio di Nyquist e margini di stabilità. Identificazione della risposta armonica. Specifiche nel dominio delle frequenze: relazioni fra specifiche sulla risposta armonica di anello e in retroazione; corrispondenza con le specifiche nel dominio dei tempi. Progetto di reti correttive: reti ritardatrici, anticipatrici, a ritardo e anticipo. Regolatori standard: metodi di sintonizzazione. Compensazione tachimetrica. Confronto fra i vari metodi nel dominio dei tempi e delle frequenze.

Controllo a catena aperta. Proprietà e limiti. Compensazione dinamica per progetto analitico. Metodi di compensazione dei disturbi.

Sistemi di controllo non lineari. Non linearità e linearizzazione: cenno ai metodi di linearizzazione. Procedimenti di sintesi in presenza di modelli non linearizzabili. Metodi di verifica della stabilità di sistemi non lineari: metodo di Popov. Sistemi a relè: caratteristiche del funzionamento; oscillazioni di rilassamento; determinazione qualitativa della risposta. Cicli limite: Metodo della funzione descrittiva.

Esempi e componenti. Amplificatori: proprietà funzionali; amplificatori operazionali.

Modelli di circuiti elettronici: oscillatori e filtri. Modelli matematici di componenti elettromeccanici: motori a collettore. Azionamenti: descrizione elementare delle parti componenti: motori in c.c e c.a.; componenti e circuiti per l'amplificazione di potenza; trasduttori di posizione e di velocità.

Testi consigliati:

G. MARRO, *Teoria dei sistemi e del controllo*, Zanichelli, Bologna, 1989.

S. RINALDI, *Teoria dei Sistemi*, CLUP, Milano, 1977.

G. MARRO, *Controlli automatici*, Zanichelli, Bologna, 1992.

A. LEPSCHY, U. VIARO, *Guida allo studio dei controlli automatici*, Patron, Bologna, 1983.

M.E. PENATI, G. BERTONI, *I sistemi di controllo: modellistica e tecnologia*, Zanichelli, Bologna, 1989.

G. CAPITANI, M. TIBALDI, *Elementi di analisi di sistemi dinamici multivariabili*, Pitagora, Bologna, 1994.

Appunti integrativi forniti dal docente.

Esame: orale, con uso facoltativo del calcolatore; in alternativa al calcolatore, prova scritta preliminare.

Esercitazioni: in aula, con uso del calcolatore; facoltative, al calcolatore.

Propedeuticità consigliate: Analisi matematica I e II.

CONTROLLI AUTOMATICI I

Docente: **Alberto Tonielli** prof. ass.

Finalità dell'Insegnamento

L'Insegnamento si prefigge di fornire allo studente una conoscenza di base sui concetti, i metodi, e le tecnologie dei sistemi di controllo automatico. L'enfasi è posta prevalentemente sulla comprensione dei concetti base di sistema e di modello, delle loro proprietà e dei metodi per analizzarle.

Nello svolgimento dell'Insegnamento vengono privilegiati i concetti rispetto alla meccanizzazione dei metodi di analisi e sintesi che saranno invece sviluppati appoggiandosi pesantemente su strumenti specifici di CAD.

Programma

Concetti base del controllo.

Controllo manuale, Controllo automatico

Tipologie di controllo: in avanti (in catena aperta o feedforward), in retroazione (in catena chiusa o feedback).

Parti componenti di un sistema controllato in retroazione: impianto, i sensori, il dispositivo di controllo, gli attuatori.

Sistemi e modelli.

Tipologie ed uso di modelli.

Modelli di sistemi elementari e complessi elettrici, meccanici, idraulici, termici.

Modelli statici e dinamici, modelli per il controllo.

Analisi (dei modelli matematici) dei sistemi.

Laboratorio CAD. Strumenti matematici per la descrizione dei sistemi lineari: sistemi di equazioni algebriche e differenziali, Trasformate di Laplace, funzioni di trasferimento, funzione di risposta armonica, Poli e zeri. Sistemi del primo e del secondo ordine, risposte indicali, ruolo degli zeri. Analisi di stabilità, diagrammi di Bode, diagrammi e criterio di Nyquist, luogo delle radici.

Analisi dei sistemi in retroazione.

Funzioni di sensitività, di sensitività complementare, di sensitività del controllo. Specifiche statiche, specifiche dinamiche. Margine di fase e Margine di ampiezza. Relazioni tra le caratteristiche della funzione di trasferimento di anello ed il comportamento del sistema in retroazione. Esempi.

Sintesi di semplici regolatori in retroazione.

Stesura delle specifiche. Controllo mediante regolatori standard: reti correttive, regolatori PID. Metodi di taratura dei regolatori standard. Discretizzazione di un PID.

Schemi di controllo avanzati.

Controllo in cascata, precompensazione del riferimento, azioni di controllo in catena aperta.

Struttura del sistema di controllo di posizione di un apparato meccanico.

Viene proposto agli studenti lo svolgimento, a gruppi, di semplici progetti di sistemi di controllo, con la redazione di una sintetica relazione finale che potrà essere presentata in sede di esame.

Testi consigliati:

G. MARRO, *Controlli Automatici*, Zanichelli Editore, Bologna.

P. BOLTZERN, R. SCATOLINI, N. SCHIAVONI, *Fondamenti di Controlli Automatici*, Mc Graw-Hill.

Verranno inoltre fornite le fotocopie dei lucidi e dispense a cura del docente.

Esami:

Lo svolgimento della prova di esame è orale, con approfondimento dei temi svolti nel corso. Qualora lo studente abbia svolto uno o più progetti consigliati ed abbia predisposto la relazione di commento, questa sarà discussa preliminarmente e la discussione sarà parte integrante dell'esame.

Tesi di Laurea:

Sono disponibili temi per Tesi di Laurea sia a carattere metodologico che applicativo sulle tematiche del controllo. Le tesi a carattere applicativo si svolgono presso il Laboratorio di Automazione e Robotica del DEIS e/o presso industrie locali.

CONTROLLI AUTOMATICI II

Docente: **Paolo Castaldi** ric.

L'Insegnamento tratta gli aspetti fondamentali del controllo ottimo. Il problema del progetto di dispositivi di controllo per sistemi dinamici a più ingressi e più uscite (*MIMO*) è affrontato 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).

Programma

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.a) Regolazione ed inseguimento a orizzonte finito con retroazione dello stato. Regolazione a orizzonte infinito. Regolazione stazionaria. Margine di stabilità. Regolazione con specifiche formulate nel dominio delle frequenze. Il controllo integrale.

2.b) Il metodo dell'assegnamento dei poli per la soluzione del problema dell'osservatore deterministico. Condizionamento numerico di una trasformazione. Indici di controllabilità e di ricostruibilità. Rappresentazioni particolari rispetto agli ingressi e rispetto alle uscite.

2.c) Il problema della stima asintotica dello stato in ambiente deterministico. Dispositivi osservatori. Proprietà di un sistema dinamico chiuso in retroazione tramite un suo dispositivo osservatore. Regolazione con retroazione delle misure.

2.d) Il problema della stima ottima dello stato in ambiente stocastico. Richiami di teoria della probabilità. 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 *frequency-shraped*.

2.e) Dispositivi di controllo di ordine dinamico limitato. Riduzione dell'ordine dinamico di un modello matematico. Spillovers e compensazione statica.

3) Controllo di strutture meccaniche flessibili. Modelli a parametri distribuiti. Collocazione di sensori e attuatori. Controllo delle sospensioni di veicoli su gomma.

4) Cenni sul controllo di sistemi con modello a tempo discreto e sulla realizzazione a tempo discreto di dispositivi di controllo per sistemi con modello a tempo continuo.

Testi consigliati:

M. TIBALDI, *Progetto di sistemi di controllo*, Pitagora, Bologna, 1995.

M. TIBALDI, *Note introduttive a MATLAB*, Esculapio Progetto Leonardo, Bologna, 1995.

M. TIBALDI, *Problemi di controllo*, Esculapio Progetto Leonardo, Bologna, 1995.

Esame: consiste in una prova scritta e una orale.

Esercitazioni: inserite senza soluzione di continuità nello svolgimento della parte teorica cui si riferiscono.

Propedeuticità consigliate: nozioni elementari di Analisi dei sistemi e Teoria del controllo.

Tesi di laurea: l'analisi di sistemi dinamici e progetto di dispositivi di controllo.

CONTROLLO DEI PROCESSI

Docente: **Claudio Bonivento** prof. ord.

L'Insegnamento affronta secondo una metodologia sistemistica unitaria i problemi connessi al controllo di processi di una certa complessità quali si incontrano principalmente nelle applicazioni industriali.

Il presupposto tecnico cui si fa costante riferimento è l'uso del calcolatore digitale elettronico.

La linea logica è quella che parte dalla considerazione della necessità di disporre di un modello matematico adeguato del processo per poter impostare il problema (e realizzare le modalità) del suo controllo, mediante un sistema integrato di elaborazione analogico-digitale. L'insegnamento si sviluppa quindi considerando la definizione delle proprietà del modello in rapporto alla sua utilizzazione, il ruolo e la struttura dell'elaboratore e delle interfacce calcolatore-processo in rapporto alle prestazioni richieste, la forma degli algoritmi di elaborazione per la determinazione delle variabili manipolabili in rapporto alla complessità e alla dinamica del processo per finire con la descrizione critica di alcuni casi concreti, scelti da diverse aree di applicazione.

A complemento dell'insegnamento, sono inserite alcune lezioni di introduzione alle problematiche dell'automazione dei moderni sistemi flessibili di produzione (FMS) ed in particolare, al controllo dei robot industriali.

1. Sistemi integrati per l'automazione industriale

Controllo digitale diretto. Controllo di supervisione e diagnostica. Gerarchie di funzioni. Caratteristiche e prestazioni di un sistema di controllo distribuito. Strumentazione di interfaccia con il processo. Software per il controllo di processo.

2. Algoritmi e tecniche di controllo digitale

Progetto di regolatori digitali per discretizzazione di algoritmi analogici. Progetto diretto di regolatori digitali. Problemi dovuti al campionamento. Regolatori standard di tipo PID. Controllo feedforward. Realizzazione degli algoritmi di controllo con microprocessori: problemi di quantizzazione, elaborazione e memorizzazione e criteri di scelta delle caratteristiche hardware/software. Sintesi di regolatori stocastici: filtraggio e predizione ottima basata su modelli ingresso-uscita e su modelli di stato, controllo a minima varianza.

3. Modellistica e Identificazione

Definizione, scopo ed utilizzazione dei modelli ai fini del controllo. Modelli matematici parametrici e non parametrici. Linearità nei parametri e nella dinamica. Forme canoniche nello spazio degli stati e forme ingresso-uscita. Modello dei disturbi. Criteri deterministici e statistici per la definizione di un modello. Tecniche numeriche di elaborazione; metodo dei minimi quadrati fuori linea e in linea. Confronto con i metodi di correlazione. Estensioni al caso di parametri lentamente variabili nel tempo. Metodo di massima verisimiglianza.

4. Controllo adattativo

Schemi di controllo a modello di riferimento (MRAS) e autosintonizzanti (ST). Sintesi di regolatori ST basati sull'assegnamento di poli e zeri e sul criterio della minima varianza.

5. Applicazioni

Controllo di una macchina per la produzione di carta. Il bilancio materiali in impianti petrolchimici. Controllo di temperatura di un reattore chimico. Controllo di posizione di un'antenna. Controllo di movimento di un robot industriale, in posizione e in forza. Illustrazione delle fasi di progetto e di realizzazione di un sistema di controllo adattativo e microprocessore.

6. Cenni introduttivi al controllo fuzzy e al controllo a struttura variabile

Principi di funzionamento. Proprietà di robustezza ai disturbi e alle incertezze parametriche. Riferimenti ai prodotti commerciali disponibili. Descrizione di qualche applicazione.

Testi consigliati:

- 1) Appunti informali del docente.
- 2) C. BONIVENTO, *Identificazione e stima dei sistemi dinamici*, Patron ed., 1976.
- 3) C. BONIVENTO, A. TONIELLI, *Esercizi e programmi Fortran per l'identificazione e la stima dei sistemi dinamici*, Patron ed., 1976.
- 4) C. BONIVENTO, A. TONIELLI, *Note su il calcolatore di processo*, Pitagora ed., 1980.
- 5) C. BONIVENTO, A. TONIELLI, R. ZANASI, *Simulazione di sistemi dinamici con programma MICOSS*, Pitagora ed., Bologna, 1990.

Esame: consiste normalmente nella discussione di un progetto (facoltativo) svolto in precedenza dallo studente al calcolatore e/o in domande sulla linea logica della materia svolta (è ammesso consultare i testi per le formule più complesse ehe si devono richiamare).

Esercitazioni: usualmente svolte in aula come parte integrante delle lezioni. In particolare un nucleo di ore è volto all'illustrazione di alcuni pacchetti software utilizzabili per l'applicazione dei principali algoritmi di identificazione e controllo presentati. Gli studenti possono utilizzare tali pacchetti sulle stazioni di lavoro di LAB1 del DEIS per lo sviluppo di progetti consigliati. Sono organizzate visite a gruppi al laboratorio automazione.

Propedeuticità: È richiesto avere già nozioni di Controlli Automatici.

Tesi di Laurea a indirizzo:

- 1) Metodologico, in particolare con riferimento alle tecniche di identificazione e controllo.
- 2) Applicativo, in particolare con riferimento alla progettazione di sistemi di controllo di specifici processi.

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

Docente: **Alessandro Grandi** prof. ass. (L-Z)

Obiettivo e contenuti dell'Insegnamento

Si vuole fornire le conoscenze necessarie per comprendere le variabili economico-organizzative che influenzano la gestione dell'impresa.

Dopo aver introdotto i principali strumenti economico-finanziari per l'analisi dei fenomeni e per le decisioni e gli elementi di base della progettazione organizzativa, si tratteranno i seguenti argomenti di natura gestionale: il posizionamento competitivo, la formulazione delle strategie, le principali decisioni inerenti le attività di ricerca e sviluppo, marketing, produzione e gestione dei materiali.

Gli argomenti di natura gestionale saranno svolti seguendo il filo logico della vita del prodotto: dal momento dell'ideazione a quello della commercializzazione.

Programma

L'Insegnamento si articola in tre parti.

1. Le decisioni gestionali

Il settore industriale, definizione ed individuazione delle caratteristiche principali. L'analisi della concorrenza allargata. Le strategie competitive di base. La segmentazione del mercato e il posizionamento dell'impresa

L'innovazione tecnologica e la gestione di ricerca e sviluppo.

Le variabili economiche del sistema produttivo e della gestione dei materiali

La commercializzazione del prodotto e la definizione del marketing mix (prodotto, prezzo, comunicazione, distribuzione).

Rappresentazione, analisi e valutazione dei dati economico-finanziari

2. 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

3. Rappresentazione, analisi e valutazione dei dati economico-finanziari

Il bilancio dell'impresa (stato patrimoniale e conto economico). Criteri di riclassificazione dei dati di bilancio. Costruzione di indici per interpretare le situazioni economica, finanziaria e patrimoniale dell'impresa

I costi: calcolo ed utilizzazione per le decisioni. Il punto di pareggio e il margine lordo di contribuzione. Introduzione al budget e al controllo di gestione

Equivalenza finanziaria, attualizzazione e capitalizzazione. Analisi e valutazione degli investimenti

Testi consigliati

L. BRUSA, *L'amministrazione e il controllo*, Etaslibri, Milano, 1994.

BREALEY-MYERS-SANDRI, *Capital Budgeting*, McGraw-Hill, Milano, 1999 (capp. 2-3-5-6-10).

- H. MINTZBERG, *La progettazione dell'organizzazione aziendale*, Il Mulino, Bologna, 1985 (primi 7 capitoli).
- M. PORTER, *Il vantaggio competitivo*, Edizioni di Comunità, Milano, 1995 (primi 2 capitoli).
- M. RISPOLI, *L'impresa industriale*, Mulino, Bologna, 1984 (capp. 4 e 7).
- R. SCHMENNER, *Produzione*, Sole 24 ore, Milano, 1987 (solo il cap. 7).

Gli studenti che, non potendo frequentare, dovessero incontrare difficoltà nello studio del bilancio, possono affrontare autonomamente tale tematica in:

R.N. ANTHONY, *Bilancio e analisi finanziaria*, McGraw-Hill, Milano, 1998.

Modalità d'esame

L'esame prevede una prova scritta (esercizio/i sulla terza parte del programma) e una prova orale le cui date saranno fissate in base al calendario della Facoltà e comunicate mediante affissione in bacheca presso il CIEG (Via Saragozza, 8) con congruo anticipo.

Per la prova scritta bisogna iscriversi in una lista esposta all'esterno del CIEG.

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.

ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

Docente: **Mariolina Longo** ric. (A-K)

L'Insegnamento vuole fornire le conoscenze necessarie per comprendere le variabili economico-organizzative che influenzano la gestione dell'impresa.

Dopo aver introdotto i principali strumenti economico-finanziari per l'analisi dei fenomeni e per le decisioni e gli elementi di base della progettazione organizzativa, si tratteranno i seguenti argomenti di natura gestionale: il posizionamento competitivo, la formulazione delle strategie, le principali decisioni inerenti le attività di ricerca e sviluppo, marketing, produzione e gestione dei materiali.

Gli argomenti di natura gestionale verranno svolti seguendo il filo logico della vita del prodotto: dal momento dell'ideazione a quello della commercializzazione.

L'Insegnamento si articola in tre parti.

1. Rappresentazione, analisi e valutazione dei dati economico-finanziari

Il bilancio dell'impresa (stato patrimoniale e conto economico). Criteri di riclassificazione dei dati di bilancio. Costruzione di indici per interpretare le situazioni economica, finanziaria e patrimoniale dell'impresa. I costi: calcolo ed utilizzazione per le decisioni. Il punto di pareggio e il margine lordo di contribuzione. Introduzione al budget e al controllo di gestione. Equivalenza finanziaria, attualizzazione e capitalizzazione. Analisi e valutazione degli investimenti.

2. L'organizzazione aziendale

L'impresa come sistema di trasformazione. Le relazioni tra impresa e ambiente ester-

no. La struttura organizzativa e i modelli di riferimento. Il coordinamento organizzativo e le modalità per realizzarlo.

3. *Le decisioni gestionali*

Il settore industriale, definizione e individuazione delle principali caratteristiche. L'analisi della concorrenza allargata. Le strategie competitive di base. La segmentazione del mercato e il posizionamento dell'impresa. L'innovazione tecnologica e la gestione di ricerca e sviluppo. Le variabili economiche del sistema produttivo e della gestione dei materiali. La commercializzazione del prodotto e la definizione del marketing mix (prodotto, prezzo, comunicazione, distribuzione).

Testi consigliati

- L. BRUSA, *L'amministrazione e il controllo*, Etaslibri, Milano, 1994.
 BREALEY-MYERS-SANDRI, *Capital Budgeting*, McGraw-Hill, Milano, 1999 (solo i capp. 2-3-5-6-10).
 H. MINTZBERG, *La progettazione dell'organizzazione aziendale*, Il Mulino, Bologna, 1985 (solo i primi 7 capitoli).
 M. PORTER, *Il vantaggio competitivo*, Edizioni di Comunità, Milano, 1995 (solo i primi 2 capitoli).
 M. RISPOLI, *L'impresa industriale*, Mulino, Bologna, 1984 (solo i capp. 4 e 7).
 R. SCHMENNER, *Produzione*, Sole 24 ore, Milano, 1987 (solo cap. 7).

Gli studenti che, non potendo frequentare, dovessero incontrare difficoltà nello studio del bilancio, possono affrontare autonomamente tale tematica in:

R.N. ANTHONY, *Bilancio e analisi finanziaria*, McGraw-Hill, Milano, 1998.

Modalità d'esame

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale le cui date verranno fissate in base al calendario della Facoltà e comunicate mediante affissione in bacheca presso il CIEG (Via Saragozza, 8) con congruo anticipo.

Per la prova scritta bisogna iscriversi in una lista esposta all'esterno del CIEG.

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.

ELABORAZIONE DI DATI E SEGNALI BIOMEDICI

Docente: **Mauro Ursino** prof. ass.

L'insegnamento 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. La prima parte dell'insegnamento 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. La seconda parte tratta il problema della classificazione dei segnali e del loro impiego diagnostico, sia attraverso metodi statistici che mediante reti neurali.

1) *Principali caratteristiche dei 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).

2) *Il progetto dei filtri numerici*

Definizione delle specifiche del filtro. Caratteristiche dei filtri HR: i filtri di Butterworth, Chebyshev e ellittici. Il progetto dei filtri HR con il metodo dell'invarianza all'impulso e con la trasformazione bilineare. Caratteristiche dei filtri FIR e loro progetto con il metodo della finestrazione. 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.

3) *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.

4) *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.

5) *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.

6) *Reti neurali*

L'uso di reti neurali in problemi di riconoscimento di configurazioni. Principali caratteristiche delle reti neurali. Le reti di Hopfield: energia della rete e valutazione delle configurazioni di equilibrio. La rete di Hopfield come modello di memoria associativa. Cenni alle tecniche di simulated annealing. Il perceptrone e le reti multi strato. L'algoritmo di back-propagation. Esempi di applicazioni delle reti multi strato: predizione di serie tem-

prali, classificazione. L'apprendimento competitivo e la formazione di mappe auto-organizzate.

Esercitazioni

L'insegnamento è integrato da esercitazioni in laboratorio con l'uso del pacchetto software MATLAB.

Testi suggeriti

- C. MARCHESI, *Tecniche Numeriche per l'Analisi dei Segnali Biomedici*, Pitagora, Bologna, 1992.
- 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.

ELABORAZIONE OTTICA DEI SEGNALI

Docente: **Paolo Bassi** prof. ass.

L'insegnamento intende approfondire, da un punto di vista elettromagnetico, le conoscenze su componenti e dispositivi utilizzati per la trasmissione e l'elaborazione di segnali ottici.

1. Mezzi omogenei.

Mezzi isotropi ed anisotropi, richiami sul calcolo tensoriale e sulla struttura dei cristalli. Equazioni di Maxwell e relazioni costitutive. Soluzioni: onde piane e loro completezza. Fasci di onde piane e diffrazione. Mezzi materiali reali: equazioni di Sellmeier. Sorgenti reali: coerenza. Olografia classica e generata da computer.

2. Mezzi non omogenei

Strutture cilindriche: definizione e teoremi generali. Soluzioni: modi, loro ortogonalità e completezza. Matrice di diffusione. Lastra piana: soluzione, classificazione dei modi e definizione di alcune grandezze normalizzate.

Fibra ottica: soluzione esatta ed approssimata (modi LP). Guide reali: attenuazione e dispersione. Cenni sui fenomeni non lineari, solitoni.

3. Dispositivi

Cavità Fabry-Perot: caratteristiche ed esempi di applicazione. Reticoli: caratteristiche ed esempi di applicazione.

4. Teoria dei modi accoppiati e cenni ai metodi numerici per lo studio dei dispositivi.

5. Sorgenti

LED e LASER (Fabry Perot, DBR e DFB): struttura, principi di funzionamento e grandezze caratteristiche principali.

6. Rivelatori

PIN e APD: struttura, principi di funzionamento e grandezze caratteristiche principali. Ricevitori per sistemi a modulazione di ampiezza e coerenti. Cenni al problema del rumore.

7. Sistemi di trasmissione

Esempi di componenti: accoppiatori, MUX, DE-MUX e altri per sistemi a moltiplicazione di lunghezza d'onda (WDM). Bilancio di potenza per il dimensionamento di un sistema.

L'Insegnamento prevede *esercitazioni* in laboratorio, sia con programmi di simulazione che con l'effettuazione di semplici misure.

Libri di testo:

PAOLO BASSI, *Appunti di propagazione in guida dielettrica*, CLUEB, Bologna, 1994.
Fotocopie dei trasparenti usati a lezione.

Per le esercitazioni di laboratorio:

- A. GATHAK, A. SHARMA, R. TEWARI, *Understanding Fiber Optics on a PC*, Viva Books Private Ltd, 1994.
- A. GATHAK, I. GOYAL, R. VARSNEY, *Fiber Optica, a software for characterizing fiber and integrated-optic waveguides*, Viva Books Private Ltd, 1998.

Testi di consultazione:

- M. BORN, E. WOLF, *Principles of Optics*, Pergamon Press.
- D. MARCUSE, *Light Transmission Optics*, Van Nostrand Reinhold Company.
- D. MARCUSE, *Theory of Dielectric Optical waveguides*, Academic Press.
- A. GATHAK, K. THYAGARAJAN, *An introduction to Fiber Optics*, Cambridge University Press.
- H.H. HAUS, *Waves and Fields in Optoelectronics*, Prentice Hall.
- J.M. SENIOR, *Optical Fiber Communications*, Prentice Hall.
- J. GOWAR, *Optical Communication Systems*, Prentice Hall.
- J.T. VERDEYEN, *Laser Electronics*, Prentice Hall.

Modalità d'esame: l'esame consiste in una prova orale.

Propedeuticità consigliate: Campi Elettromagnetici, Comunicazioni Elettriche.

ELETTRONICA APPLICATA I

Docenti: **Sergio Graffi** prof. ord. (A-K)

Pier Ugo Calzolari prof. ord. (L-Z)

L'Insegnamento si propone di fornire le conoscenze di base sul funzionamento dei dispositivi bipolari al silicio (diodi e transistori bipolari) e sui relativi modelli usati nell'analisi dei circuiti elettronici, nonché gli strumenti fondamentali per il progetto dei circuiti stessi, con particolare orientamento verso i circuiti integrati analogici.

La descrizione di particolari circuiti e la deduzione dei relativi criteri di progetto costituiscono esempi di applicazione della teoria e non esauriscono le finalità dell'insegnamento.

Programma

Componenti dei circuiti elettronici: componenti n-polari, bipoli, n-poli bipoli, doppi bipoli. Bipoli elementari, lineari e non lineari, linearizzazione delle relazioni costitutive, bipoli equivalenti per i piccoli segnali. Il simulatore di circuiti SPICE. Circuiti equivalenti per i piccoli segnali. Definizione e utilizzazione di diverse matrici. Funzioni di rete.

Conduttori, isolanti, semiconduttori. Mobilità. Proprietà fisiche del silicio. Modello di legame, cenno al modello delle bande di energia. Elettroni e lacune, generazione e ricombinazione. Semiconduttori intrinseci e drogati. Equazioni del trasporto, di continuità e di Poisson. Pseudopotenziali di Fermi, relazione di Einstein. Esempi di applicazione in casi particolari (semiconduttore intrinseco, drogaggio uniforme, equilibrio, neutralità elettrica ...).

Analisi elementare della giunzione p-n: modello piano, barriera di potenziale in equilibrio. Giunzione a gradino: calcolo del campo elettrico alla giunzione metallurgica e dell'ampiezza della regione di carica in equilibrio. Polarizzazione diretta: calcolo della caratteristica $I(V)$ nell'ipotesi di piccole iniezioni. Polarizzazione inversa. Capacità differenziale della giunzione in polarizzazione diretta e in polarizzazione inversa. Caratteristiche reali, effetti della temperatura, modello di SPICE.

Applicazioni dei diodi nei circuiti: raddrizzatori, circuiti logici a diodi, commutazione e tempo di immagazzinamento; cenno agli alimentatori, ai varactors, ai diodi Zener, alle giunzioni di isolamento: circuiti clamper, circuiti limitatori.

Cenni sulla struttura fisica del transistor bipolare, modello piano, elementi di teoria del trasporto di corrente in base, deduzione delle equazioni di Ebers e Moll. Caratteristiche statiche nella descrizione come doppio bipolo con base comune e con emettitore comune; effetti della temperatura. Effetto Early. Regioni di interazione, normale, inversa, di saturazione, definizione e calcolo di V_{cesat} . Circuito equivalente e pigreco ibrido. Cenni sulla tecnologia dei circuiti integrati bipolari.

Concessione a diodo, specchi di corrente, generatori di corrente, connessione di Darlington, coppia differenziale. Definizione di amplificatore, stadi amplificatori elementari, carichi attivi, amplificatori per piccoli segnali a più stadi, stadi differenziali. La retroazione nei circuiti lineari, retroazione interna nei doppi bipoli, unilateralità. Richiami e complementi sull'analisi della stabilità di uno stato di riposo. Amplificatori operazionali integrati: struttura, proprietà e principali applicazioni.

Resistori anomali a resistenza differenziale negativa e loro applicazioni. Oscillatori quasi-sinusoidali, oscillatori di rilassamento. Multivibratori astabili, monostabili, bistabili.

Testi consigliati:

- P.U. CALZOLARI, S. GRAFFI, *Elementi di Elettronica*, Zanichelli.
 P.U. CALZOLARI, S. GRAFFI, *100 esercizi di Elettronica applicata*, Esculapio, Progetto Leonardo.
 P.R. GRAY, R.G. MEYER, *Circuiti integrati analogici*, McGraw-Hill.
 E. DE CASTRO, *Teoria dei dispositivi a semiconduttore*, Patron.
 K.D. LEAVER, *Microelectronic devices*, Longman.
 R.S. MULLER, T.L. KAMINS, *Device Electronics for Integrated Circuits*, Wiley.
 R.S. MULLER, T.L. KAMINS, *Dispositivi elettronici nei circuiti integrati*, Boringhieri.
 A.S. GROVE, *Physics and Technology of Semiconductor Devices*, Wiley.
 A.S. GROVE, *Fisica e tecnologia dei dispositivi a semiconduttore*, Franco Angeli.
SPICE2G User's Guide, C.L.U.P.
 P.W. TUINENGA, *SPICE, A Guide to Circuit Simulation and Analysis Using Spice*, Prentice Hall.
 W. BANZUAF, *Computer Aided Circuit Analysis Using Spice*, Prentice Hall.
 G. MASSOBRIO, *Modelli dei dispositivi a semiconduttore in SPICE*, Franco Angeli.

Le esercitazioni si svolgono in aula e consistono nella risoluzione di esercizi e nell'illustrazione di complementi che fanno parte del programma.

È possibile, durante e dopo l'insegnamento, esercitarsi nell'analisi automatica di circuiti, con il programma SPICE, su personal computer e su VAX.

L'esame è composto da una prova scritta, con possibilità di esclusione dell'orale, e da una prova orale.

Propedeuticità consigliate: Complementi di matematiche, Elettrotecnica I.

ELETTRONICA APPLICATA II

Docenti: **Bruno Riccò** prof. ord. (A-K)

Guido Masetti prof. ord. (L-Z)

L'Insegnamento si propone lo studio dei circuiti elettronici digitali. Rappresenta la naturale prosecuzione di Elettronica applicata I e la base per tutti gli insegnamenti dove si studiano applicazioni dei circuiti digitali stessi.

Programma

1. *Dispositivi a semiconduttore*

Brevi richiami sui principi di funzionamento del transistor bipolare. Principio di fun-

zionamento e modelli dei transistori MOS. Cenni sulla tecnologia planare del silicio e sui processi di fabbricazione dei circuiti integrati bipolari e MOS.

2. Famiglie logiche

Introduzione alle famiglie logiche e definizione delle principali caratteristiche. Circuiti digitali MOS, CMOS e BICMOS: criteri di progetto e calcolo dei parametri caratteristici, confronto tra varie soluzioni circuitali. Uso dei transistori MOS come transfer-gate e funzionamento dei circuiti dinamici MOS e CMOS. Circuiti buffer MOS. Schiere logiche e dispositivi programmabili (PLA, PLD). Principali famiglie logiche bipolari (TTL, ECL, FL): criteri di progetto; calcolo dei parametri caratteristici; confronto tra le diverse soluzioni circuitali, circuiti buffer e di interfaccia.

3. Circuiti rigenerativi

Multivibratori bistabili, monostabili ed astabili: realizzazioni MOS e bipolari; flipflop; trigger di Schmitt e generatori di clock.

4. Memorie a semiconduttori

Classificazione ed organizzazione generale delle memorie. I principali circuiti delle RAM (bipolari, SRAM, DRAM). Memorie a sola lettura (ROM, PROM, EPROM, E²PROM). Strutture e funzionamento dei sense amplifiers. Memorie ad accesso seriale.

5. Microcalcolatori

Struttura generale a blocchi. I principali circuiti della ALU. Cenni sul sistema di controllo e sulla microprogrammazione.

Testi consigliati:

- HODGES, JACKSON, *Analysis and Design of Digital Integrated Circuits*, Mc Graw-Hill.
 RICCO, FANTINI, BRAMBILLA, *Introduzione ai Circuiti Integrati Digitali*, Zanichelli.
 OLIVO, FAVALLI, *Esercizi di Elettronica Digitale*, Esculapio, Progetto Leonardo, 1991.
 BACCARANI, *Dispositivi MOS*, Pàtron.
 RICCO, FANTINI, *Memorie a semiconduttore*, Pàtron.
 DE CASTRO, *Teoria dei dispositivi a semiconduttore*, Pàtron.

Esame scritto (3 ore) e orale.

Le esercitazioni si svolgono in aula e consistono nelle risoluzioni di temi di esame e nello svolgimento di alcuni semplici progetti.

È possibile, durante e dopo l'insegnamento, esercitarsi nell'analisi automatica di circuiti, con il programma SPICE, su personal computer e sui MicroVax.

Propedeuticità consigliate: Per seguire con profitto l'insegnamento si ritiene indispensabile aver frequentato Elettronica applicata 1.

ELETTRONICA DEI SISTEMI DIGITALI

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 C²MOS, 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. Sommatore 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 funzio-

namiento 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 VLSI 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

Docente: **Vito Antonio Monaco** prof. ord.

Finalità

L'insegnamento si propone di illustrare i principi di funzionamento dei dispositivi e dei circuiti elettronici impiegati nel campo delle Telecomunicazioni. In particolare si intendono fornire le conoscenze di base necessarie per la progettazione dei circuiti che implementano, sulla base delle moderne tecnologie, le funzioni fondamentali per la trasmissione e ricezione di segnali.

Programma

Generalità.

Richiami sugli schemi a blocchi di ricevitori e trasmettitori e sulle funzioni elementari necessarie per la realizzazione di sistemi di telecomunicazioni. Problematiche con nesso al rumore ed alla distorsione non lineare. Impiego della serie di Volterra. Calcolo della distorsione (armonica e di intermodulazione) e della conversione AM /PM. Problemi di stabilità e sensibilità parametrica.

Circuiti di base per telecomunicazioni.

Amplificatori a basso rumore e di potenza per alta frequenza. Oscillatori stabilizzati mediante quarzi, risonatori dielettrici e dispositivi SAW. Oscillatori controllati in tensione. Circuiti rivelatori di fase ed anelli ad aggancio di fase (PLL). Impieghi dei PLL: sincronizzazione, demodulazione angolare, moltiplicazione, divisione e sintesi di frequenza. Realizzazione di elementi filtranti mediante dispositivi attivi. Modulatore e demodulatori AM e PM. Convertitori di frequenza.

Dispositivi elettronici.

Diodi, transistori bipolari e ad effetto di campo per alte frequenze. Dispositivi basati su semiconduttori composti ed eterogiunzioni: MESFET, HEMT, HBT. Modelli lineari, di "rumore" e non lineari. Tecniche di caratterizzazione e di estrazione dei parametri dei modelli. Cenni su strumenti di misura per alta frequenza. Cenni sull'impiego di tubi elettronici per applicazioni di potenza in alta frequenza.

Progetto di circuiti integrati.

Cenni sulla tecnologia dei semiconduttori composti ed analisi dei vincoli di progetto associati alla tecnologia dei circuiti integrati in GaAs. Generalità sulle tecniche numeriche per l'analisi ed il progetto di circuiti per telecomunicazioni. Caratteristiche degli strumenti (Ad esempio, di progetto di circuiti integrati monolitici per alte frequenze).

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

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 più 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 sviluppino 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. Valore 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 Liottville 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 (vedi 45)**ELETTROTECNICA A**Docenti: **Fiorenzo Filippetti** prof. ass.**Carlo A. Borghi** prof. ass.**Maria Martelli** prof. ass.

L'Insegnamento ha essenzialmente carattere formativo e di base per gli studi di Ingegneria dell'Informazione. La materia di insegnamento è essenzialmente rivolta alla Teoria dei Circuiti e comprende:

Elementi circuitali 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 pilotati - 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 dei transitorio dei circuiti. - 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.

*Testi consigliati:*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 dei Docenti.

P.R. GHIGI, M. MARTELLI, F. MASTRI, *Esercizi di Elettrotecnica*, Ed. Esculapio, Bologna.**ELETTROTECNICA**Docenti: **Fiorenzo Filippetti** prof. ass. (A-D)**Carlo A. Borghi** prof. ass. (E-O)**Maria Martelli** prof. ass. (P-Z)

L'insegnamento ha essenzialmente carattere formativo e di base per gli studi di Ingegneria. La materia di insegnamento 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.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.

FISICA GENERALE (ME)

Docente: **Arnaldo Uguzzoni** prof. ord.

- Metodo scientifico e grandezze fisiche.
 Vettori e cinematica del punto materiale.
 Elementi di cinematica dei corpi rigidi e moti relativi.
 Principi della dinamica classica
 Forze ed interazioni.
 Lavoro ed energia.
 Elementi di meccanica dei sistemi.

Principi di conservazione.
 Cariche e forze elettriche
 Campo elettrostatico (nel vuoto).
 Corrente elettrica.
 Campi magnetici (nel vuoto).
 Induzione elettromagnetica.

Testi consigliati:

FOCARDI, MASSA, UGUZZONI, *Fisica Generale*, Casa Editrice Ambrosiana.

Altri testi, per la parte di programma relativa all'Elettromagnetismo, saranno indicati all'inizio dell'Insegnamento.

Esame: prove scritte in itinere ed esame orale finale.

FISICA GENERALE I

Docente: **Antonio Bertin** prof. ord. (A-D)

1. Calcolo vettoriale

Grandezze scalari e vettoriali. Somma e differenza di vettori. Prodotti scalari e vettoriali, doppio prodotto misto e loro significato geometrico. Funzioni vettoriali. Risultante e momento risultante di un sistema di vettori applicati; insiemi equivalenti di vettori applicati. Operatori gradiente, divergenza, rotazionale.

2. Cinematica del punto materiale

Punto materiale e sistemi di riferimento. Vettore di posizione. Descrizione di un moto mediante equazione oraria ed equazioni parametriche. Diversi tipi di coordinate. Velocità lineare e sue espressioni intrinseca e cartesiana. Velocità areolare e moti piani. Accelerazione e sue espressioni intrinseche e cartesiane. Applicazioni a moti rettilinei vari. Moto circolare uniforme. Moto armonico semplice e smorzato.

3. Complementi di cinematica ed elementi di statica

Cinematica dei sistemi. Il corpo rigido e le formule di Poisson. Formula fondamentale della cinematica del corpo rigido. Cinematica dei moti relativi. Trasformazione di spostamenti, velocità e accelerazioni. Regole fondamentali ed equazioni cardinali della statica. Baricentro. Cenni sulle reazioni vincolari e sui fenomeni di attrito.

4. Dinamica

Primo e secondo principio della dinamica. Massa inerziale e sue unità di misura. Densità. Impulso e quantità di moto. Leggi di Keplero sul moto dei pianeti. Legge di Newton sulla gravitazione universale. Determinazione della costante gravitazionale γ . Massa inerziale e massa gravitazionale. Il problema fondamentale della dinamica. Applicazioni ai moti di punti materiali liberi e vincolati. Pendolo semplice e composito. Sistemi isolati. Il terzo principio della dinamica. Conservazione della quantità di moto e del momento della quantità di moto. Risultante e momento risultante delle forze inteme di un sistema isolato.

Problemi d'urto. Le equazioni cardinali della dinamica. Centro di massa e sue proprietà. Momenti d'inerzia. Teorema di Huygens-Steiner. Inerzia di rotazione. Dinamica dei sistemi: applicazioni.

5. 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 per i più comuni campi conservativi. Conservazione dell'energia meccanica. Motori e potenza. I diversi tipi di equilibrio. Applicazioni della proprietà di conservazione dell'energia meccanica.

6. Elementi di meccanica dei fluidi

Definizione di pressione e delle corrispondenti unità di misura; legge di Stevino, principio di Archimede. Teorema di Bemoulli. Portata di un condotto, definizione di viscosità, Equazione di Poiseuille.

7. Sistemi termodinamici e loro proprietà termiche

Equilibrio termodinamico ed equilibrio termico. Parametri ed equazioni di stato. Temperatura. Termometri e scale termometriche. Il termometro a gas. Trasformazioni termodinamiche. Le leggi dei gas: Boyle-Mariotte, Volta, Gay Lussac, Avogadro. L'equazione di stato dei gas perfetti. Trasformazioni isoterme di fluidi ideali. Diagrammi di Amagat e Clapeyron. Trasformazioni generali di una sostanza pura: cambiamenti di stato e punto triplo. Fenomeni anomali e stati metastabili: liquidi surriscaldati e sovraespansi, vapore soprasaturo. L'equazione di Van der Waals e le corrispondenti isoterme.

8. Il primo principio della termodinamica

Lavoro compiuto da un sistema in una trasformazione termodinamica. Forze conservative e dissipative. Lavoro adiabatico, energia interna e primo principio della termodinamica. Quantità di calore. Conservazione dell'energia in senso generalizzato. Capacità termica, calore molare, e calore specifico a una determinata temperatura, a pressione o volume costante. Esempi di calorimetri. Calori latenti. Gli esperimenti di Joule sulle trasformazioni cicliche e sui gas. Equivalenza tra calore e lavoro. L'energia interna dei gas perfetti. Trasformazioni adiabatiche dei gas perfetti.

9. Il secondo principio della termodinamica

Reversibilità e irreversibilità. Macchine termiche cicliche e loro rendimento: il ciclo di Carnot. Il secondo principio della termodinamica nei suoi due enunciati: loro equivalenza. Il Teorema di Carnot. Scala termodinamica assoluta delle temperature. Equazione di Clapeyron. Teorema di Clausius e funzione di stato Entropia. Legge di accrescimento dell'entropia. Diagrammi entropici. Entropia dei gas perfetti.

Testi seguiti:

A. BERTIN, M. POLI e A. VITALE, *Fondamenti di Meccanica*, Ed. Esculapio, Bologna.

A. BERTIN, M. POLI e A. VITALE, *Fondamenti di Termodinamica*, Ed. Esculapio, Bologna.

FISICA GENERALE IDocenti: **Arnaldo Uguzzoni** prof. ord. (E-O)**Ettore Verondini** prof. ord. (P-Z)

L'Insegnamento si propone di dare agli studenti le basi essenziali per la comprensione della metodologia e delle finalità della fisica,

attraverso un quadro dei concetti e dei principi della meccanica classica e della termodinamica.

*Programma*1) *Elementi di calcolo vettoriale*2) *Cinematica*

Generalità sul moto, sistema di riferimento. Velocità e accelerazione di un punto materiale: componenti cartesiane e componenti intrinseche. Moti piani, moti centrali, moto dei pianeti. Elementi di cinematica dei corpi rigidi: moti di traslazione, rotazione, rototraslazione. Cinematica dei moti relativi. Leggi di trasformazione delle velocità e delle accelerazioni.

3) *Dinamica*

Concetto di forza. I principi della dinamica. Riferimenti inerziali. Relatività galileiana. Riferimenti non inerziali e forze di inerzia. Lavoro ed energia. Forze conservative e conservazione dell'energia meccanica. Campo gravitazionale. Elementi di dinamica dei sistemi. Centro di massa e sue proprietà. Momenti di inerzia e moti di rotazione dei corpi rigidi.

4) *Termodinamica*

Equilibrio termico e concetto di temperatura. Equilibrio termodinamico. Equazioni di stato. Sistemi PVT. Lavoro termodinamico. Trasformazioni quasi-statiche. Lavoro adiabatico ed energia interna. Calore e primo principio della termodinamica. Capacità termica e calori specifici. Proprietà termiche dei gas. I gas ideali. Macchine termiche frigorifere. Il secondo principio della termodinamica. Reversibilità e irreversibilità. Cicli di Carnot e teoremi relativi. Temperatura Kelvin. Teorema di Clausius e entropia. Principio dell'aumento dell'entropia; entropia ed energia non utilizzabile.

*Testi consigliati:*S. ROSATI, *Fisica generale I*, CEA, Milano.S. FOCARDI, I. MASSA, A. UGUZZONI, *Fisica I*, Ed. Pitagora.MAZZOLDI, NIGRO, VOCI, *Fisica*, SES.P. VERONESI, E. FUSCHINI, *Fondamenti di Meccanica classica*, Ed. Coop. Libreria Universitaria Editrice Bologna.ZEMANSKY, ABBOT, NESS, *Fondamenti di Termodinamica per Ingegneri*, Ed. Zanichelli.M. ALONSO, E.J. FINN, *Elementi di Fisica per l'Università*, vol. I, Ed. Addison-Wesley.M. BRUNO, M. D'AGOSTINO, M.L. FIANDRI, *Esercizi di Fisica I*, Ed. Cooperativa Libreria Universitaria Editrice Bologna, 1992.

S. FOCARDI, *Problemi di Fisica generale I*, Casa Editrice Ambrosiana (CEA), Milano, 1982.

Esame: Una prova scritta ed una prova orale.

FISICA GENERALE II

Docenti: **Franco Saporetti** prof. ass. (A-D)

Franco Malaguti prof. ass.(E-O)

Alessandro Gandolfi prof. ass.(P-Z)

Finalità dell'Insegnamento:

Due sono essenzialmente gli scopi che l'Insegnamento si propone:

1. Familiarizzare lo studente con le idee e i concetti fondamentali dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica, dando ampio risalto alla base sperimentale che serve come punto di partenza per illustrare le leggi fisiche, le loro implicazioni e le loro limitazioni.
2. Stimolare lo studente a sviluppare la capacità ad usare queste idee ed applicarle ai casi concreti. Con questo l'insegnamento viene a costituire una premessa ai Corsi specialistici più avanzati, senza peraltro deviare dal chiaro compito di formazione culturale di base del futuro ingegnere.

Programma

Il campo elettrostatico - Legge di Gauss e della circuitazione - Il problema del potenziale - Il campo elettrostatico in presenza di conduttori - La corrente elettrica stazionaria - Campi impressi e forza elettromotrice - Leggi di Ohm e Joule in forma locale - La legge di conservazione della carica elettrica - Il campo magnetico stazionario - Legge di Gauss e di Ampère - La forza di Lorentz - L'induzione elettromagnetica - Il campo elettrico indotto - Campo indotto e forza di Lorentz - La legge di Ampère/Maxwell - Corrente di spostamento - Le equazioni di Maxwell - Le onde elettromagnetiche - I potenziali ritardati - Il campo elettrico e magnetico nella materia - Fenomeni ottici - Le leggi dell'ottica geometrica - Il modello corpuscolare ed ondulatorio della luce - L'interferenza, la diffrazione e la polarizzazione della luce - Il comportamento corpuscolare della luce nei processi di emissione e di assorbimento - Il dualismo onda-corpuscolo - Il modello elettromagnetico della luce.

L'insegnamento comprende *esercizi e calcoli numerici applicativi*.

Testi consigliati:

Consigli su testi di studio e lettura, dettagli sul programma e informazioni sulle modalità d'esame saranno forniti di volta in volta a lezione.

Esame: scritto e orale.

Propedeuticità consigliate: Per sostenere l'esame è necessario aver superato l'esame di Fisica I.

FISICA TECNICADocenti: **Valerio Tarabusi** prof. ass. (A-D)**Antonio Barletta** prof. ass. (E-O)**Antonio Dumas** prof. ass. (P-Z)

L'Insegnamento si propone di fornire le indicazioni 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.

*Programma**Termodinamica*

Termodinamica generale - Richiami sui sistemi di unità di misura - Generalità e definizioni - Primo principio della termodinamica e proprietà energia - Secondo principio della termodinamica e proprietà entropia - Teorema dell'aumento della entropia - Effetti termoelettrici: effetto Seebeck, Peltier, Thomson, Joule, Fourier - Relazioni esistenti tra i diversi effetti termoelettrici.

Sistemi semplici monocomponenti - Superfici p, v, T e diagramma termodinamico p, v - Gas perfetti - Proprietà e trasformazioni dei gas perfetti - Proprietà dei liquidi - Proprietà e trasformazioni dei vapori saturi e surriscaldati - Diagrammi termodinamici (T,s), (h,s).

Sistemi semplici multicomponenti - Generalità - Proprietà delle miscele di gas perfetti.

Termodinamica dei sistemi aperti - Definizioni - Equazioni di bilancio di massa, di energia, di entropia - Bilancio della energia meccanica - Cicli termodinamici: ciclo Rankine, ciclo frigorifero.

Fluidodinamica

Meccanica dei fluidi - Aspetti fisici del moto di un fluido - Viscosità - Moto laminare e moto turbolento - Strato limite dinamico - Equazioni fondamentali del moto isoterma - Alcune soluzioni per regime laminare - Analisi dimensionale - Onde acustiche: trattazione matematica.

Moto dei fluidi in condotti - Equazioni integrali - Perdite di carico - Condotte nelle quali sono inserite macchine - Misure di velocità e di portata.

Termocinetica

Conduzione - Legge di Fourier - Equazione di Fourier - Conduzione stazionaria - Conduzione in regime variabile: cenni - Conduzione con generazione di calore - Conduzione in mezzi anisotropi: cenni - Analogia elettrica.

Convezione - Equazioni fondamentali del moto non isoterma - Analisi dimensionale - Similitudine - Strato limite termico - Convezione forzata - Convezione naturale e mista.

Irraggiamento termico - Generalità e definizioni - Leggi dell'irraggiamento - Fattori di forma e loro proprietà - Applicazioni relative al mutuo scambio radiativo tra i corpi neri o grigi.

Contemporanea presenza di diverse modalità di scambio - Generalità - Convezione ed irraggiamento - Coefficiente globale di scambio termico - Superfici alettate - Scambiatori di calore.

Testi consigliati:

Consigli su testi di studio e lettura, dettagli sul programma e informazioni sulle modalità d'esame saranno forniti di volta in volta a lezione.

Lo svolgimento dell'Insegnamento è accompagnato da un elevato numero di *esercitazioni* aventi come oggetto applicazioni delle nozioni di base fornite dall'insegnamento stesso.

L'esame consiste in un colloquio su tre temi distinti e relativi alla Termodinamica, alla Termocinetica e alla Fluidodinamica: i temi possono essere sia di carattere strettamente teorico sia applicativo con riferimento alle applicazioni illustrate durante le esercitazioni.

Sono disponibili *tesi di laurea* sia di carattere teorico che sperimentale nei settori culturali interessanti la Fluidodinamica e la Termocinetica.

FONDAMENTI DI INFORMATICA A e B**Corso di Laurea in Ingegneria Informatica**

Docente: **Antonio Natali** prof. ord.

Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica

Docente: **Andrea Omicini** ric.

Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni

Docente: **Enrico Denti** ric.

Fondamenti di Informatica A

Obiettivo formativo: 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.

Programma: concetti di base sui sistemi di elaborazione programmati e sui linguaggi macchina e sui linguaggi di programmazione ad alto livello. Rappresentazione binaria dei numeri interi e reali e problemi di precisione. Il linguaggio C: valori, tipi, costanti, variabili, puntatori, istruzioni di controllo, funzioni, procedure, vettori, stringhe, strutture, files. Organizzazione dei programmi sorgente su più files. Principi fondamentali di progetto e sviluppo di algoritmi. Iterazione e ricorsione. Invarianti di ciclo. Algoritmi di ordinamento e cenni di complessità computazionale.

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.

Laboratorio: esercitazioni programmate e guidate. *Case study:* impostazione della soluzione ad dato problema con tecniche diverse.

Organizzazione didattica:

- lezioni: 35 ore
- esercitazioni, laboratorio assistito (inclusa valutazione): 25 ore
- lavoro individuale medio previsto: 60 ore

Metodo di valutazione

Ogni due-tre settimane viene richiesta la presentazione di una breve relazione su attività di progetto e sviluppo svolte in laboratorio, a partire da uno schema predisposto dal docente e dal tutor. Queste relazioni costituiranno la base sia per la valutazione in itinere sia per la pianificazione di attività mirate specifiche per gruppi di studenti caratterizzati da capacità o carenze affini. Al termine del periodo didattico è prevista una prova finale, da svolgersi in laboratorio, che consiste nel progetto e nello sviluppo in C di un algoritmo. Durante la prova lo studente potrà utilizzare il materiale sviluppato durante l'Insegnamento. Un colloquio finale completerà la valutazione, che terrà conto dei crediti positivi maturati dallo studente durante la valutazione in itinere.

Fondamenti di Informatica B

Obiettivo formativo: formazione di schemi mentali e acquisizione di tecniche e metodologie per la progettazione e lo sviluppo di sistemi software ad oggetti con riferimento a Java come linguaggio di implementazione e come supporto per l'interazione locale e remota.

Abilità in uscita: capacità di impostare il progetto e la realizzazione di un sistema software ad oggetti utilizzando Java come linguaggio di programmazione. Capacità di costruire accessi remoti via Internet a sistemi web e data base relazionali attraverso interfacce grafiche.

Programma: modelli computazionali e modelli di organizzazione dei sistemi software: il modello client-server, il modello ad oggetti ed il modello relazionale. Principi, metodologie e tecniche per il progetto e lo sviluppo di sistemi software ad oggetti con riferimento a Java come linguaggio di implementazione. Progetto e implementazione di strutture dati dinamiche (liste, alberi binari) nel modello ad oggetti di Java. Il ruolo dell'astrazione, dei tipi dato astratto e del costrutto *class*. Programmazione per contratti: il ruolo delle interfacce, delle eccezioni e degli invarianti di classe. Il ruolo dell'ereditarietà nello sviluppo incrementale del software. Permanenza dell'informazione: dai files ai data base relazionali. Dall'elaborazione all'interazione: I/O grafico, interfacce grafiche con l'utente, interazione locale e remota tra oggetti e con data base relazionali con riferimento a Java come piattaforma di supporto.

Laboratorio: esercitazioni programmate e guidate (sviluppo progressivo di un conto

corrente bancario in un sistema *web-based*. *Case-study*: progetto e sviluppo incrementale di un semplice interprete di espressioni aritmetico-logiche.

Organizzazione didattica:

- lezioni: 35 ore
- esercitazioni, laboratorio assistito (inclusa valutazione): 25 ore
- lavoro individuale medio previsto: 70 ore

Metodo di valutazione:

Ogni tre settimane viene richiesta la presentazione di una relazione sulle attività di progetto e sviluppo sperimentale in laboratorio, a partire da uno schema predisposto dal docente e dal tutor. Queste relazioni costituiranno la base per la valutazione in itinere. Al termine del periodo didattico è prevista una prova finale, da svolgersi in laboratorio, che consiste nel progetto e nella codifica Java di un problema. Durante la prova lo studente potrà utilizzare il materiale sviluppato durante l'Insegnamento. Un colloquio finale sulla prova completerà la valutazione, che terrà conto dei crediti positivi maturati dallo studente durante la valutazione in itinere.

FONDAMENTI DI INFORMATICA I

Docenti: **Antonio Natali** prof. ord. (A-D)

Maria Rita Scalas prof. ass. (E-O)

Evelina Lamma prof. ass. (P-Z)

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 linguaggio 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. SBATELLA, *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 II

Docenti: **Giuseppe Bellavia** ric. (L-Z)

Antonio Corradi prof. ass. (A-K)

Finalità dell'Insegnamento

L'Insegnamento intende fornire una comprensione sistemistica delle capacità di esecuzione di un sistema di calcolo, in particolare dei passi di sviluppo di un programma e della sua esecuzione, anche in termini di performance. Inoltre, la seconda parte del corso esamina le linee di tendenza degli ambienti di programmazione esistenti.

Programma

Richiami sul progetto di algoritmi e strutture dati

Architettura di un sistema di calcolo

1) Elementi funzionali di base unità centrale di elaborazione, memoria centrale, memoria di massa, unità di ingresso-uscita.

2) Programmazione in Linguaggio Assembler

- programmi assoluti/rilocabili
- ricorsione e rientranza
- segmentazione e modularità
- gestione degli eventi asincroni
- progettazione di programmi Assembier
- strumenti di sviluppo e controllo della esecuzione.

Organizzazione dell'ambiente di esecuzione dei programmi

Concetti elementari di un sistema operativo. L'accento è posto su ambienti multiutente come UNIX (assumendo una conoscenza di ambienti monoutente come MS-DOS).

Proprietà e caratteristiche dei file system e la struttura di questo.

Modello di programma in esecuzione sulla macchina virtuale costituita dal sistema operativo.

Organizzazione dei supporto a tempo di esecuzione per un programma.

Ambienti e strumenti di Programmazione

1) Processori Comandi - Interpreti

Definizione delle caratteristiche di un processore comandi e dell'ambiente relativo: caso MS-DOS e shell di UNIX.

Riusabilità e rapido sviluppo in ambiente UNIX.

2) Linguaggi di Programazione - Compilatori

Strumenti di supporto alla traduzione ad alla esecuzione dei programmi.

Modalità di utilizzo delle funzioni del sistema operativo da diversi linguaggi di programmazione di alto livello. Relazione tra linguaggi di programmazione di alto livello e sistema operativo.

L'Insegnamento mira a fare ottenere una buona conoscenza strumentale di alcuni ambienti e sistemi operativi

- MS-DOS

- UNIX

e linguaggi di programmazione compilativi e interpretati

- C

- Processori comandi e Shell di UNIX

- Assembler.

Lo studente deve quindi dimostrare conoscenza dei vari ambienti ed esperienza e comprensione degli stessi.

Testi consigliati:

G. BELLAVIA, A. CORRADI, L. LEONARDI, *Dispense di Fondamenti di Informatica II*, Esculapio, Progetto Leonardo, 1993 (seconda edizione 1994).

B.W. KERNIGHAN, D.M. RITCHIE, *Il linguaggio C*, Jackson, 1985 (anche nuova edizione, C ANSI, 1990).

N. GEHANI, *Advanced C: Food for the Educated Palate*, Computer Science Press, 1985.

B.W. KERNIGHAN, R. PIKE, *UNIX*, Zanichelli, 1989.

S.R. BOURNE, *UNIX System V*, Addison-Wesley, 1990.

H.S. STONE (ed.), *Introduction to Computer Architecture*, SRA inc., 1980.

Lucidi dei docenti.

Esami:

Consistono di una prova scritta (strutturata in due parti e valide per l'intero anno accademico) e di una prova orale. E di fondamentale importanza una buona conoscenza strumentale degli ambienti operativi proposti nell'Insegnamento.

GEOMETRIA E ALGEBRA (A)

Docente: **Massimo Ferri** prof. ord.

Gli anelli degli interi e dei polinomi. Proprietà di campo dei razionali, reali, complessi. Cenno a campi infiniti.

Equazioni e sistemi lineari. Discussione e risoluzione mediante il metodo di Gauss.

Proprietà vettoriali di R^n e di C^n . Dipendenza lineare. Sistemi di generatori e basi. Sottospazi vettoriali ed affini di R^n e di C^n .

Matrici e loro operazioni. Determinante. Matrice inversa. Rango.

Trasformazioni lineari standard e loro rappresentazione matriciale. Cambiamenti di base. Similitudine di matrici. Rivisitazione dei sistemi lineari. Teoremi di Cramer e di Rouché-Capelli.

Polinomi e funzioni polinomiali. Divisione con resto. Equazioni algebriche. Chiusura algebrica. Molteplicità di una radice. Teorema di Harriot-Cartesio.

Autovalori ed autovettori. Polinomio caratteristico. Teorema spettrale.

Forme bilineari e quadratiche. Forme semidefinite e definite. Congruenza di matrici. Diagonalizzabilità per congruenza.

Prodotti scalari su R^n . Norma euclidea. Distanza euclidea. Complemento ortogonale. Ortogonalità fra sottospazi (vettoriali ed affini).

Curve del piano e dello spazio ordinario e superfici dello spazio ordinario in forma cartesiana e parametrica: cenni.

Testi consigliati:

GATTAZZO R., *Argomenti di geometria*, ed. Libreria Cortina, Padova, 1993.

LIPSHUTZ S., *Algebra lineare*, Coll. Schaum, ed. Etas Libri, 1975.

GEOMETRIA ED ALGEBRA

Docenti: **Massimo Ferri** prof. ord. (A-D)

Anna Luisa Gilotti prof. ass. (E-O)

Luigi Pezzoli prof. ass. (P-Z)

Algebra Lineare:

Introduzione alla nozione di spazio vettoriale attraverso esempi di spazi vettoriali sui reali: le n -uple di numeri reali, lo spazio dei vettori geometrici del piano e dello spazio, le matrici a coefficienti reali. Il concetto di vettori linearmente dipendenti e indipendenti.

Sistemi lineari, eliminazione di Gauss: riduzione a scala. Compatibilità dei sistemi lineari, rango di una matrice. Teorema di Rouché-Capelli. Prodotto tra matrici, matrici invertibili. Matrici diagonali, scalari di permutazione, triangolari, unipotenti.

Determinanti: definizione assiomatica della funzione determinante. Esistenza e unicità della funzione determinante. Sviluppo di Laplace. Teorema di Binet. Determinante delle matrici diagonali a blocchi. Teorema di Cramer per i sistemi quadrati.

Definizione di spazio vettoriale su un campo K e ulteriori esempi di spazi vettoriali finitamente generati e non. I polinomi in una indeterminata a coefficienti in K . Sottospazi

e basi di spazi vettoriali. Somma ed intersezione di sottospazi e la Formula di Grassmann. Sottospazi complementari e somme dirette.

Trasformazioni lineari di spazi vettoriali sullo stesso campo K : nucleo ed immagine, iniettività e suriettività. Isomorfismi di spazi vettoriali.

Trasformazioni lineari tra spazi vettoriali di dimensione finita e matrici associate. Cambiamenti di base. Endomorfismi di uno spazio vettoriale e matrici coniugate.

Autovalori e autovettori di un endomorfismo: polinomio caratteristico. Molteplicità algebrica e geometrica. Autospazi e diagonalizzazione.

Spazi metrici: prodotto scalare canonico in \mathbb{R}^n ; proprietà, disuguaglianza di Schwarz, distanze e angoli, formula di aggiunzione. Basi ortonormali e matrici ortogonali. Proiezioni ortogonali su sottospazi, teorema della decomposizione delle proiezioni ortogonali. Complementi ortogonali. Procedimento di ortonormalizzazione di Gram-Schmidt. Matrici simmetriche e loro proprietà.

Il prodotto hermitiano canonico in \mathbb{C}^n modulo di un vettore ed ortogonalità. Basi ortonormali e matrici unitarie. Matrici hermitiane e loro proprietà. Matrici unitarie e loro proprietà. Operatori hermitiani ed unitari. Esistenza della triangolazione per ogni matrice $n \times n$ a coefficienti in \mathbb{C} . Il teorema spettrale per le matrici hermitiane e per le matrici simmetriche reali.

Forme quadratiche reali e matrici simmetriche associate. Matrici congruenti e cambiamenti di base. Segnatura e nullità di una forma quadratica (matrice simmetrica). Invarianti per congruenza. Forme quadratiche definite positive e semidefinite positive (negative) e criteri di positività e semipositività. Forma canonica affine e metrica di una forma quadratica.

Introduzione alla forma canonica di Jordan: Sottospazi T -invarianti e matrici a blocchi. Decomposizione di Fitting di \mathbb{C}^n relativa ad un endomorfismo T . Autospazi generalizzati. Endomorfismi nilpotenti e nilciclici e loro proprietà.

Geometria affine:

Lo spazio affine A^3 . Sottovarietà affini: piani e rette: equazioni parametriche e cartesiane. Appartenenza e parallelismo. Fasci e stelle di rette e piani. Rette compianari e rette sghembe. Gradi di libertà. La geometria del piano affine.

Geometria euclidea:

Lo spazio euclideo E^3 . Prodotto scalare di due vettori geometrici, ortogonalità tra vettori, tra rette, tra piani, tra piani e rette. Angoli e distanze. La geometria del piano euclideo. Introduzione allo studio delle coniche e quadriche attraverso le proprietà metriche, le equazioni canoniche. Circonferenze e sfere. Luoghi geometrici: superfici rigate, coni e cilindri, superfici di rotazione. Cambiamenti di coordinate cartesiane nel piano e nello spazio. La riduzione delle coniche a forma canonica affine e metrica. Invarianti affini e metrici delle coniche. Invarianti affini delle quadriche e classificazione affine delle quadriche.

Testi consigliati:

S. ABEASIS, *Elementi di Algebra Lineare e Geometria - Complementi di Algebra lineare e Geometria*, Ed. Zanichelli.

Con riferimento ai testi:

Volume 1: Capitoli 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (senza i paragrafi con asterisco).

Volume 2: Capitolo 1 (tutto), Capitolo 2 (paragrafi: 2 tutto, 3 senza dimostrazione dei Teorema di Sylvester, 4 tutto, 5 escluso 5.7, 6 solo 6.5 senza dimostrazione), Capitolo 3 (fino pg 54), 5 (paragrafi 2, 3 cenni, 4 tutto, 5, 6).

GESTIONE AZIENDALE (vedi 47)

IDENTIFICAZIONE DEI MODELLI E ANALISI DEI DATI

Docente: **Roberto Guidorzi** prof. ord.

Contenuti

I modelli dei sistemi. Evoluzione dei modelli matematici. Modelli interpretativi, predittivi, per il filtraggio e la stima dello stato, per la diagnosi e per la simulazione. I modelli come approssimazione della realtà. Identificabilità e procedure di identificazione. Classi di modelli per l'identificazione.

I modelli ad errore di equazione. Il problema della identificazione.

Modelli e predittori ARX. Stima dei modelli ARX con l'algoritmo dei minimi quadrati (LS). Identificabilità e scelta degli ingressi. Polarizzazione e consistenza della stima LS. Minimi quadrati ricorsivi. Minimi quadrati pesati. Covarianza della stima dei minimi quadrati. Distribuzione degli errori di stima. Proprietà statistiche dei residui. Limite inferiore di Cramér-Rao. Efficienza della stima LS. Uso del filtro di Kalman nella stima in linea. Stima dell'ordine e validazione dei modelli.

Modelli e predittori AR. Stima dei parametri dei modelli AR. Stima di modelli di ordine crescente. Equazioni di Yule-Walker. L'algoritmo di Levinson. Stima dell'ordine dei modelli AR.

I modelli MA. Identificazione dei modelli MA mediante modelli AR ausiliari. Le equazioni inverse di Yule-Walker. I predittori MA.

Modelli e predittori ARMAX. Il metodo della variabile strumentale (IV). Stima dell'ordine e dei parametri dei modelli ARMAX. Proprietà asintotiche delle stime IV. Metodi IV estesi. Algoritmi IV ricorsivi. Stime di massima verosimiglianza. Stime basate sulla minimizzazione dell'errore di predizione (PEM). Covarianza e proprietà asintotiche delle stime PEM.

Modelli e predittori ARMA. Stima dei modelli ARMA. Predittore ottimo a k passi.

I modelli ARIMA(X). Identificazione mediante modelli ARIMA e ARIMAX.

I modelli ARARX. Predittore ottimo ARARX. Stima dell'ordine e dei parametri dei modelli ARARX. Stima PEM dei modelli ARARX. I modelli ARAR.

Modelli e predittori ARARMAX. Stima dell'ordine e dei parametri dei modelli ARARMAX. Stima PEM dei modelli ARARMAX.

Modalità didattiche e materiali di supporto

L'Insegnamento, sviluppato presso il CITAM (Centro per le Tecnologie Didattico-

Educative Teleaudiovisive "G. Marconi" dell'Università di Bologna) con la collaborazione del Consorzio Nettuno e della Comunità Europea, viene svolto a titolo sperimentale nell'ambito del progetto VirtUE (Virtual University for Europe) e viene adottato, nell'A.A. 1998/99 dalle Università di Bologna e Ferrara.

L'Insegnamento non si avvale di lezioni tradizionali ma utilizza, per l'esposizione della materia, ipertesti (in lingua inglese) in formato PDF (Portable Document Format) disponibili su un server Web e resi disponibili agli allievi anche tramite CD-ROM.

Tramite il server gli allievi interagiscono con un tutor remoto che segue ogni singolo allievo sino alla prova di valutazione finale e che sottopone agli allievi prove di valutazione in itinere per accertare il grado di approfondimento delle varie parti dell'Insegnamento; sono previste anche due ore settimanali di tutorato in aula utilizzabili per la trattazione di argomenti di base eventualmente assenti dal background degli allievi. Gli allievi dispongono inoltre, sul server, di un laboratorio didattico interattivo client-oriented e platform-independent, sviluppato interamente in Java, che consente di effettuare la modellazione dei processi reali, i cui dati sono archiviati in un data base presente sul server, mediante le procedure descritte nell'ambito dell'Insegnamento.

Gli studenti sono tenuti a prendere contatto con il docente per attivare le procedure di accesso (personale) al tutor loro assegnato (tramite server) e ad Internet attraverso le strutture del Centro di Calcolo della Facoltà.

La prova di valutazione finale prevede la presentazione di un elaborato svolto durante il corso, relativo alla identificazione di un processo reale, la risposta a domande a risposta multipla ed un colloquio con il docente.

IMPIANTI INDUSTRIALI (vedi 49)

INGEGNERIA DEL SOFTWARE

Docente: **Evelina Lamma** prof. ass.

Obiettivi dell'Insegnamento

Fornire i concetti di base dell'ingegneria del software, descrivendo il processo di sviluppo del software (analisi, specifica, progettazione, testing/debugging, manutenzione misura). Esaminare, inoltre, tecniche avanzate per il progetto e lo sviluppo di programmi, con particolare riferimento alla programmazione ad oggetti.

L'Insegnamento potrà comprendere un progetto di gruppo in cui si affronta un problema fornito da un'azienda o da un ente esterno.

Programma

1. Il ciclo di vita del software: aspetti economici, organizzativi e metodologici.
2. Analisi e Specifica dei requisiti: modelli e linguaggi di specifica, diagrammi di flusso dei dati, diagrammi E-R, automi, reti di Petri, definizione dell'interfaccia utente. Siste CASE di supporto.

3. Progettazione: principi e metodi di progettazione, principi di modularità ed incapsulamento. La progettazione.

4. Realizzazione: programmazione, debugging, controllo delle versioni e delle configurazioni. Linguaggi di programmazione ad oggetti: il concetto di classe, ereditarietà. Funzionamento a tempo di esecuzione di un programma ad oggetti (alle differenze rispetto a linguaggi imperativi noti). Forme di collegamento ritardate e funzioni virtuali. Costruzione dinamica di oggetti. Ereditarietà semplice e multipla e problemi connessi. Analisi di alcuni strumenti di supporto alla programmazione ad oggetti. Metodi e strumenti per la realizzazione di interfacce uomo-macchina.

5. Collaudo: Convalida e verifica, tecniche funzionali e strutturali.

6. Gestione di un Progetto: amministrazione del progetto, pianificazione, analisi costi, metriche di prodotto e di processo.

Testi consigliati:

C. GHEZZI, A. FUGGETTA, S. MORASCA, A. MOREZENTI, M. PEZZÈ, *Ingegneria del Software*, Mondadori Informatica, 1991.

I. SOMMERVILLE, *Software Engineering*, Addison Wesley, 1994.

R. PRESSMAN, *Principi di Ingegneria del Software*, Mc Graw Hill.

B. ECLEL, *Programmare in C++*, Mc Graw Hill.

Esame: scritto e orale.

Propedeuticità consigliate:

Si richiede una buona conoscenza di linguaggi di programmazione imperativi (Pascal e C) e preferibilmente aver frequentato l'insegnamento di Linguaggi e Traduttori.

INGEGNERIA E TECNOLOGIE DEI SISTEMI DI CONTROLLO

Docente: **Alberto Tonielli** prof. ass.

Finalità

L'Insegnamento 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.

Sono considerate le classi di dispositivi e di problemi che tipicamente condizionano la realizzazione di un sistema di controllo. Per ogni classe di dispositivi sono esaminati alcuni componenti tipici con particolare riferimento ai problemi di interfacciamento ed ai criteri di valutazione e di scelta del componente in relazione all'applicazione (tipicamente di controllo) da affrontare. Sono considerati in dettaglio i seguenti problemi: gli azionamenti elettrici, l'interferenza dei rumori con le apparecchiature di controllo, l'implementazione digitale e la messa in scala di regolatori e filtri.

Un tipico problema di controllo è esaminato in dettaglio. Esso si riferisce alla definizione delle specifiche ed alla progettazione con PLC di un sistema di controllo industriale che sarà sviluppato dagli studenti nel corso di esercitazioni di laboratorio.

Programma

Progettazione del software per l'Automazione:

Criteri generali di progettazione del software di automazione. La standard IEC-1131. La progettazione delle sequenze operative delle macchine e degli impianti. Il GEMMA. Esempi. Illustrazione di un ambiente CAD per la progettazione.

Problemi di interfacciamento di alcuni trasduttori tipici nei sistemi di automazione:

Posizione: potenziometro, resolver, inductosin, encoder.

Velocità: dinamo, resolver, encoder.

Deformazione, pressione, forza: estensimetri.

Temperatura: termocoppie, termoresistenze, termistori.

Interfacciamento dei dispositivi di controllo con il processo:

Isolamento galvanico: optoisolatori e amplificatori di isolamento. Multiplexers e Sample and Hold.

Conversione analogico/digitale, digitale/analogica.

Implementazione digitale di regolatori e filtri:

Il problema della messa in scala e delle rappresentazioni numeriche.

Gli azionamenti elettrici per l'automazione

Caratteristiche generali di un azionamento, tipologie dei motori elettrici e tecniche di controllo. Il controllo vettoriale delle macchine in C.A.. Problematiche relative al controllo del moto. Struttura di controllo in cascata, con generazione di profili di moto ed azioni di controllo in avanti. Scelta e dimensionamento di un azionamento.

Compatibilità elettromagnetica delle apparecchiature di controllo

Terminologia e definizioni; classificazione dei disturbi. La normativa europea EMC. I principali percorsi di accoppiamento dei disturbi (EMI). Tecniche di protezione per apparecchiature operanti in bassa frequenza. Esempi.

Testi consigliati:

BONFATTI, MONARI, SAMPIERI, *IEC 1131-3 Programming Methodology*, CJ International.

Verranno inoltre fornite dispense a cura del docente e copie dei fogli applicativi dei dispositivi presentati.

Esami:

Lo svolgimento della prova di esame consiste in un tema scritto di verifica delle tematiche del corso. Prova orale a discrezione del Docente.

Tesi di Laurea:

Le tesi di laurea assegnate sono essenzialmente a carattere sperimentale, con svolgimento presso il laboratorio del Dipartimento e/o presso laboratori di industrie.

INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Docente: **Paola Mello** prof. ass. (inc.)

Obiettivi dell'Insegnamento

Presentare i concetti principali ed i metodi che stanno alla base della progettazione sistemi di Intelligenza Artificiale.

Introdurre i principali linguaggi ed ambienti di programmazione che consentono l'effettivo sviluppo di sistemi basati sulla conoscenza.

Discutere l'applicazione di tecniche di Intelligenza Artificiale al con particolare enfasi al campo applicativo dei Sistemi Esperti (nel campo della diagnosi, progettazione, riconoscimento, planning).

Mettere in grado lo studente di utilizzare linguaggi ed ambienti di Intelligenza Artificiale per realizzare effettivamente alcuni sistemi basati sulla conoscenza.

Programma

1) Introduzione all'Intelligenza Artificiale:

Un po' di storia. I principali campi applicativi. I sistemi basati sulla conoscenza e i loro principi architetturali.

2) Richiami sul linguaggio PROLOG.

3) Risoluzione di problemi:

Problemi come spazio degli stati. Metodi di soluzione forward e backward. Strategie ricerca (non informate ed euristiche). Propagazione di vincoli.

4) Metodi per la rappresentazione della conoscenza:

Logica dei predicati del I ordine e cenni su alcune logiche non standard. Regole di produzione (e sistemi di produzione). Reti semantiche, frames ed ereditarietà.

5) Altre modalità di ragionamento:

Sistemi di mantenimento della verità. Ragionamento abduttivo. Ragionamento incerto e statistico (reti bayesiane e logica fuzzy). Cenni sui modelli connessionisti e reti neurali.

6) I Sistemi Esperti:

Come si sviluppa un Sistema Esperto. Principali ambienti software per lo sviluppo di Sistemi Esperti. Sistemi Esperti nel campo della Diagnosi e Progettazione.

7) Altre Applicazioni di Intelligenza Artificiale:

Pianificazione. Apprendimento. Scheomling.

Propedeuticità consigliate:

Linguaggi e Traduttori.

Si richiede comunque una buona conoscenza del linguaggio PROLOG.

Esercitazioni:

L'insegnamento prevede esercitazioni pratiche su Workstation per la sperimentazione e sviluppo di tecniche di rappresentazione della conoscenza e risoluzione di problemi utiliz-

zando il linguaggio PROLOG. Si prevede inoltre l'utilizzo di un ambiente per lo sviluppo di Sistemi Esperti.

Testi consigliati per Intelligenza Artificiale:

- E. RICH, K. KNIGHT, *Intelligenza Artificiale*, McGraw Hill, Seconda Edizione 1992.
E. CHARNIAK, D. McDERMOTT, *Introduzione all'intelligenza Artificiale*, Masson, 1988.

Testi consigliati per PROLOG:

- L. CONSOLE, E. LAMMA, P. MELLO, *Programmazione Logica e Prolog*, UTET, 1991.
I. BRATKO, *Programmazione in Prolog per l'Intelligenza Artificiale*, Masson ed Addison Wesley, 1988.

LINGUAGGI E TRADUTTORI

Docente: **Antonio Natali** prof. ord.

Scopo dell'Insegnamento: fornire una descrizione ragionata sui concetti essenziali dei linguaggi di programmazione e analizzarne l'impatto sulla moderna produzione del software, con particolare riferimento alla costruzione di interpreti e compilatori.

Propedeuticità: si richiede la conoscenza di almeno un linguaggio di programmazione ad alto livello (Pascal, C) e della architettura di un elaboratore elettronico.

Laboratorio: la parte teorica dell'insegnamento è strettamente correlata ad una parte pratica, obbligatoria, da svolgersi in laboratorio, nell'ambito anche di progetti mirati concordati col docente.

Programma

Concetti fondamentali dei linguaggi di programmazione

Famiglie di linguaggi imperativi, funzionali, logici e a oggetti.

Introduzione alla programmazione ad oggetti e al C++. Tipi di dato astratto. Classi e meccanismi di costruzione-distruzione di istanze. Oggetti composti. Ereditarietà semplice multipla. Polimorfismo. Genericità vincolata e non. Costruzione di componenti software generici mediante template.

Introduzione alla programmazione funzionale e al Lisp. Denotazione e valutazione di espressioni. Rivisitazione critica dei concetti di environment, binding e scope rule. Trasparenza referenziale e assegnamento. Lambda expressions e chiusure. Le macro. Gestione della memoria. Estensione del linguaggio mediante costruzione di meta-interpreti.

Introduzione alla programmazione logica e al Prolog. La risoluzione come regola di inferenza e come processo computazionale. La macchina virtuale Prolog. Interpretazioni dichiarativa e procedurale delle clausole Prolog. Meta-predicati e meta-interpreti. Predica extra-logici.

Descrizione e implementazione dei linguaggi

Grammatiche, classificazione di Chomsky e automi riconoscitori. Analisi lessicale. 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. Supporti a tempo di esecuzione.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta che può essere sostenuta solo dopo una sufficiente e comprovata attività di laboratorio, che può consistere nello sviluppo di progetti mirati concordati col docente.

Testi e manuali

Sono disponibili dispense e appunti a cura del docente nelle quali è riportato un elenco dettagliato di testi utili. Sono anche disponibili dispense in forma ipertestuale che trattano, in forma seminariale, argomenti specifici approfondibili dallo studente nell'ambito dei progetti mirati, quali HTML, la programmazione a vincoli, la programmazione in ambiente Windows, la programmazione in Java, etc.

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

Docente: **Vincenzo Parenti Castelli** prof. ord.

La composizione dei meccanismi. Coppie cinematiche. Gradi di libertà delle coppie cinematiche. Catena cinematica e meccanismo. Gradi di libertà di un meccanismo piano e nello spazio. Meccanismi con più di un grado di libertà.

Forze agenti sulle macchine. Definizione di rendimento. Rendimento di macchine disposte in serie e in parallelo. Moto retrogrado. Leggi che governano l'attrito di strisciamento. Applicazione della legge di Coulomb. Il piano inclinato. La coppia rotoidale. La coppia elicoidale. L'usura e l'ipotesi del Reye. Contatto di rotolamento. Perni a strisciamento e perni a rotolamento: tipi e impiego. Il comportamento delle ruote nella locomozione.

Le coppie cinematiche lubrificate. Teoria elementare della lubrificazione fluidodinamica. Meato limitato da pareti piane. Meato limitato da pareti piane di lunghezza finita. Applicazioni tecniche. Coppia rotoidale lubrificata di lunghezza infinita e cenni al caso di lunghezza finita. Lubrificazione fluidostatica.

I sistemi articolati Richiami di cinematica del corpo rigido nel piano e nello spazio. Centro di istantanea rotazione. Tracciamento delle traiettorie. Velocità ed accelerazione di un punto della biella nel quadrilatero articolato. Generalità sui sistemi articolari. Coefficienti di velocità e derivate dei coefficienti di velocità. Il quadrilatero articolato piano e le sue applicazioni. Problemi di sintesi; Segmento di biella su due e tre posizioni prefissate. Trasformazione di un moto rotatorio continuo in un moto rotatorio alterno. Trasmissione delle forze nel quadrilatero articolato. Il parallelogramma articolato. Manovellismo di spinta centrato. La catena cinematica con glifo e croce. Giunto di Oldham. Giunto di Cardano. Manipolatori di robot.

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. Trasmissione del moto fra assi paralleli con ruote di frizione. Ruote dentate coniche. Cenni sulla trasmissione del moto fra assi sghembi con ruote dentate elicoidali. Coppia vite senza fine-ruota elicoidale.

Rotismi. Rotismi ordinari. Rotismi epicicloidali. Differenziale. Rapporti fra i momenti esterni agenti su di un rotismo. Cenni sul rendimento dei rotismi epicicloidali.

Organi flessibili. Rigidezza degli organi flessibili. Pulegge fisse e mobili. Paranchi e loro rendimento. Paranco differenziale. Trasmissione del moto fra due alberi con cinghie piatte e trapezoidali. Cenni di montaggio, sul porzionamento e sul rendimento della trasmissione a cinghie. Freni a nastro.

Richiami di dinamica. Forze di 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.

Velocità critiche degli alberi. Velocità critica di un albero con un unico disco centrale.

Dinamica delle macchine alternative. Equilibrio dinamico di una macchina alternativa. Compensazione delle forze di inerzia. Energia cinetica di una macchina alternativa.

Dinamica del manovellismo di spinta e del quadrilatero articolato. Azioni di inerzia sul manovellismo di spinta e sul quadrilatero articolato.

Dinamica degli impianti funzionanti in condizione di regime periodico. Grado di irregolarità. Calcolo del momento di inerzia del volano. Procedimento grafico-analitico per il calcolo del grado di irregolarità e del volano. Calcolo delle dimensioni principali del volano.

Regolazione della velocità angolare. Generalità. Il regolatore di velocità. Il tachimetro. L'accelerometro. L'attuatore idraulico. Schemi di regolatori.

Esercitazioni: Vengono svolte esercitazioni sui principali argomenti dell'insegnamento. Alcune di queste, opportunamente segnalate, sono da svolgere e riportare su apposito quaderno da presentare in sede di esame.

Testi consigliati:

- E. FUNAJOLI, A. MAGGIORE, U. MENEGHETTI, *Meccanica applicata alle macchine*, voll. 1 e 2, Ed. Pàtron, Bologna.
 S. DOUGHTY, *Mechanics of Machines*, John Wiley & Sons, 1988.
 B. PAUL, *Kinematics and dynamics of planar machinery*, Prentice-Hall, 1979.

Esame: scritto e orale.

MECCANICA RAZIONALEDocenti: **Pier Paolo Abbati Marescotti** prof. ord. (A-D)**Barbara Lazzari** prof. ass. (E-O)**Augusto Muracchini** prof. ass. (P-Z)

L'Insegnamento è dedicato ai sistemi con un numero finito di gradi di libertà; ci si ispira al criterio di procedere ad una graduale generalizzazione degli schemi descrittivi, prendendo le mosse dallo schema newtoniano per i sistemi meccanici e passando successivamente allo schema lagrangiano-hamiltoniano della meccanica generalizzata.

Teoria dei vettori applicati

Momento polare ed assiale di un vettore applicato, sistemi di vettori applicati, trinomio invariante, asse centrale, equivalenza, operazioni elementari, riducibilità, centro dei sistemi di vettori paralleli.

Cinematica del punto e dei sistemi

Generalità sul moto di un punto, velocità ed accelerazione, moti piani in coordinate polari, moti centrali, alcuni esempi di moti del punto (moto circolare, moto armonico, moto dei gravi).

Corpo rigido e condizione di rigidità, velocità angolare, legge di distribuzione delle velocità, classificazione dei moti rigidi, atto di moto, teorema di Mozzi. Teorema di composizione delle velocità e delle accelerazioni, composizione di atti di moto rigido, rotolamento di curve e superfici rigide.

Moti rigidi piani, centro istantaneo di rotazione, traiettorie polari.

Sistemi vincolati, classificazione dei vincoli, spazio delle configurazioni, spostamenti possibili e virtuali di un sistema olonomo, velocità di un sistema olonomo.

Geometria e cinematica delle masse

Baricenti. Momenti di inerzia, matrice di inerzia, assi principali di inerzia, ellissoide di inerzia.

Rappresentazione della quantità di moto, momento della quantità di moto, energia cinetica.

Lavoro e Potenziale

Concetto di forza, lavoro di una forza, forza conservativa e potenziale, sistemi di forze.

Dinamica del punto e dei sistemi

Sistemi di riferimento, principio di inerzia, principio di azione e reazione, principio delle reazioni vincolari, equazione fondamentale della meccanica rispetto ad una terna non galileiana, equazioni cardinali della dinamica, teorema della energia cinetica, integrali primi, equazioni cardinali della statica.

Dinamica del punto materiale libero con esempi (moto di un punto soggetto a forza elastica e resistenza viscosa, oscillazioni forzate, risonanza), dinamica del punto materiale vincolato, pendolo semplice, metodo di Weierstrass. Dinamica relativa del punto con esempi.

Dinamica del corpo rigido con esempi (corpo rigido libero, corpo rigido con un punto fisso ed equazioni di Eulero, corpo rigido con un asse fisso, equilibratura dinamica), principio dell'effetto giroscopio, giroscopio pesante, cenni sui moti alla Poinsot.

Sistemi non autonomi e sistemi autonomi, spazio delle fasi, sistemi ad un grado di libertà: piano delle fasi, punti fissi e punti di equilibrio, sistemi conservativi e curve di livello della energia, diagramma di fase con esempi.

Principio dei lavori virtuali

Principio dei lavori virtuali, equilibrio di un sistema olonomo anche in presenza di vincoli unilaterali.

Meccanica analitica

Disuguaglianza variazionale della dinamica, principio di D'Alembert, equazioni di Lagrange, caso delle forze conservative (lagrangiana), potenziale generalizzato, forze giroscopiche, forze dissipative, coordinate cicliche. Equazioni di Hamilton.

Stabilità e piccole oscillazioni

Criteri di stabilità e di instabilità di Ljapunov, teorema di Ljapunov, teorema di Dirichlet, biforcazione dell'equilibrio, piccole oscillazioni, frequenze proprie di oscillazione, coordinate normali.

Testi consigliati:

- C. CERCIGNANI, *Spazio, tempo, movimento*, Zanichelli, Bologna.
 M. FABRIZIO, *La Meccanica Razionale e i suoi metodi matematici*, Zanichelli, Bologna.
 G. GRIOLI, *Lezioni di Meccanica Razionale*, Edizioni Cortina, Padova.
 T. LEVI CIVITA, U. AMALDI, *Compendio di Meccanica Razionale*, Zanichelli, Bologna.
 A. STRUMIA, *MECCANICA RAZIONALE*, C.U.S.L., Bologna.

Per quanto riguarda gli esercizi svolti a lezione e quelli propedeutici alla prova scritta si consiglia:

- A. MURACCHINI, T. RUGGERI, L. SECCIA, *Laboratorio di meccanica razionale*, Esculapio, Bologna.
 F. BAMPI, M. BENATI, A. MORRO, *Problemi di meccanica razionale*, Ecig-Genova.

L'esame consiste in una prova scritta e in una prova orale.

MICROELETTRONICA

Docente: **Massimo Rudan** prof. ord.

Finalità dell'Insegnamento

L'Insegnamento illustra le apparecchiature e i metodi della tecnologia planare per la fabbricazione dei circuiti integrati, nonché il funzionamento dei principali dispositivi a semiconduttore. Esso può essere considerato come base culturale a sè stante oppure, coordinato con insegnamenti quali Elettronica dello stato solido, 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. Processi tecnologici in silicio.

– Proprietà chimico-fisiche e caratteristiche elettriche del silicio per uso elettronico. Tecniche di produzione del silicio. Difetti cristallografici: difetti di punto, di linea, di superficie e di volume.

– Tecnologia planare. Ossidazione termica: modello di Deal e Grove della cinetica di ossidazione, processo isoplanare. Diffusione termica: calcolo della soluzione dell'equazione della diffusione. *predep* e *drive-in*, teoria microscopica, del coefficiente di diffusione. Impianto ionico: schema a blocchi dell'impiantatore, metodi di scansione, fenomeni di incanalamento, calcolo della distribuzione delle impurezze, annealing. Epitassia: cinetica dell'epitassia da fase vapore, interdizione dei droganti durante l'epitassia. Tecniche di deposizione CVD e PVD. Litografia: proprietà del *fotorezist*, fotolitografia, elettrolitografia, litografia a raggi x.

– Strutture integrate elementari. Esempi di processi bipolari e Mos. Regole di scaling. Introduzione alla progettazione assistita da calcolatore (CAD). Progettazione *top-down* e *bottom-up*. Esempi di simulazioni di processo, di dispositivo e di circuito. Struttura di una linea di produzione di circuiti integrati. Prospettive della superintegrazione.

2. Dispositivi a, semiconduttore.

– Richiami sulla fisica dei semiconduttori: reticoli cristallini, stati energetici in un cristallo, statistica, di Fermi-Dirac, classificazione dei cristalli in isolanti, conduttori e semiconduttori, concetto di lacuna. Equazioni dei dispositivi a semiconduttore. Modelli fisici per i coefficienti delle equazioni: mobilità e coefficienti di diffusione, generazione SRH, Auger, ottica e per impatto.

– Struttura e funzionamento dei dispositivi elementari. Giunzione p-n all'equilibrio e in regime stazionario; caratteristica statica, capacità, differenziale. Giunzione Schottky. Transistore a giunzione a effetto di campo (J FET): ipotesi del profilo graduale e calcolo delle caratteristiche statiche. Transistore bipolare (BJT): derivazione del modello di Ebers e Moll; effetti *emitter crowding* ed *Early*. Condensatore MOS: soluzione dell'equazione di Poisson nel caso monodimensionale; condizioni di accumulazione, svuotamento, debole e forte inversione, capacità differenziale. Transistore MOS a effetto di campo (MOSFET): calcolo delle caratteristiche statiche, effetto di canale corto. Fenomeni di instabilità nella giunzione p-n: instabilità termica, valanga dovuta a ionizzazione da impatto, effetto Zener.

– Funzionamento in regime di piccoli segnali: circuito equivalente alle variazioni del JFET e del MOSFET, modello a controllo di carica del BJT.

– Funzionamento in regime transitorio: condensatore MOS, dispositivi a trasferimento (CTD, CCD).

3. Sensori, laser, e display.

Cenni sull'assorbimento di radiazione da parte di un semiconduttore. Sensori elementari: fotorezistore, fotodiodo (funzionamento continuo e impulsato), fotocondensatore MOS, fototransistore MOS e f. bipolare. Struttura e funzionamento dei dispositivi a trasferimento (CTD, CCD) e a iniezione di carica, (CID); sensori ottici complessi mono e bidimensionali; telecamera a stato solido. Cella, solare.

– Sensori piezoelettrici e chimici in silicio.

- Struttura, e funzionamento del *laser*. Esempio: laser a semiconduttore.
- Display di tipo LED e LCD.

4. Esercitazioni di laboratorio e seminari.

Nell'ambito dell'Insegnamento vengono svolte esercitazioni di laboratorio (LAB2) consistenti nell'applicazione di tecniche CAD a processi e dispositivi. Le esercitazioni sono precedute dalla descrizione delle tecniche di discretizzazione delle equazioni a derivate parziali d'interesse per i dispositivi, e dalle istruzioni per l'uso dei programmi CAD disponibili.

L'Insegnamento è integrato da seminari su dispositivi avanzati (*quantum wire*, *quantum dot*, microscopio a effetto *tunnel*), susensori e su metodologie di progetto di dispositivi e sensori.

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. G. SONCINI, *Tecnologie microelettroniche*, Boringhieri, 1986.
6. S.M. SZE, *Semiconductor Devices - Physics and Technology*, Wiley, 1985.
7. W. MALY, *Atlas of IC Technologies: an Introduction to VLSI Processes*, The Benjamin/Cummings Publishing Co., 1987.
8. M. RUDAN, *Tavole di Microelettronica*, seconda ed., Pitagora, Tecnoprint, 1998.
9. Su alcuni argomenti sono disponibili fotocopie di appunti e trasparenti.

MICROONDE

Docente: **Alessandra Costanzo** ric.

L'Insegnamento si propone di fornire le conoscenze di base e le metodologie per studio dei componenti e dei circuiti a microonde e ad onde millimetriche.

1) *Propagazione elettromagnetica guidata*

Generalità sulle strutture cilindriche. Guide d'onda. Guide dielettriche e fibre ottiche. Problemi di eccitazione. Linee di trasmissione omogenee e non omogenee.

2) *Modellistica di componenti passivi*

Linee di trasmissione come componenti circuitali. Calcolo dei parametri primari delle linee. Dispersione nelle linee di trasmissione non omogenee. Discontinuità, eccitazione di modi superiori, irraggiamento. Metodi statici per l'analisi delle discontinuità. Metodi elettromagnetici per l'analisi di componenti passivi. Cavità risonanti e risonatori dielettrici. Accoppiamento a una cavità.

3) *Modellistica di componenti attivi*

Principi di funzionamento del MESFET. Circuito equivalente in regime linearizzato. Metodi di estrazione dei parametri. Dipendenza dalla polarizzazione. Conservazione della carica elettrica. Circuito equivalente in regime non lineare. Metodi di identificazione. Modelli analitici.

Testi consigliati:

V. RIZZOLI, A. LIPPARINI, *Propagazione elettromagnetica guidata*, Ed. Esculapio.

T. ITOH, *Numerical Techniques for Microwave and Millimeter-Wave Passive Structures*, Ed. John Wiley.

P.H. LADBROOKE, *MMIC Design: GaAs FETs and HEMTs*, Ed. Artech House.

Propedeuticità consigliate: Analisi matematica III, Campi Elettromagnetici I, Elettronica applicata I.

MISURE ELETTRONICHE

Docente: **Mario Rinaldi** prof. ord. (A-K)

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, tramite segnali elettrici, di grandezze di natura diversa in particolare nell'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 ed elementi di statistica.

Richiami di metrologia generale. Il Sistema Internazionale, 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 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. 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 ca-cc 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 alternata 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

Docente: **Domenico Mirri** prof. ass. (L-Z)

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 potenziome-

trici. Strumenti numerici. Registratori XY e X-t. Oscilloscopio. Registratore di transistori. Oscilloscopio a memoria numerica.

Misure di impedenza

Componenti di precisione e reti equivalenti. Parametri indesiderati dei circuiti. Metodi indiretti e per sostituzione. Metodi voltamperometrico, 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.

MODELLISTICA DEI SISTEMI ELETTROMECCANICI

Docente: **Domenico Casadei** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di fornire una metodologia per lo studio del comportamento delle macchine elettriche nelle varie condizioni di alimentazione previste negli aziona-

menti elettrici. Per ogni tipologia di macchina vengono presentati i modelli di studio più appropriati ponendo particolare attenzione alla identificazione dei parametri. Inoltre, per ogni specifica applicazione vengono illustrate le più idonee metodologie di controllo con particolare riferimento agli aspetti energetici.

Programma

1. Generalità sulle macchine elettriche

Principi di conversione elettromeccanica. Calcolo di forze e coppie in sistemi lineari e non lineari. Vincoli termici in relazione al ciclo di lavoro.

2. Macchine a corrente continua

Modello dinamico delle macchine a collettore. Analisi in regime lineare e non lineare. Alimentazione mediante convertitori AC/DC e DC/DC a uno, due e quattro quadranti. Caratteristiche di funzionamento con controllo del flusso di eccitazione e della tensione di armatura.

3. Macchine asincrone

Modelli di macchina in riferimenti stazionari o rotanti. Variazione dei parametri di macchina con la frequenza statorica e rotorica. Alimentazione tramite convertitori statici di frequenza a tensione e corrente impressa. Controllo di coppia ottenuto agendo su corrente e frequenza rotorica. Implementazione di algoritmi che consentono il controllo della coppia ai valori istantanei. Impiego delle componenti di corrente e di flusso statorico quali variabili di controllo.

4. Macchine sincrone

Modello di macchina in un riferimento solidale con il rotore. Induttanze della macchina sincrona anisotropa. Caratteristiche dei motori brushless a f.e.m. trapezia ed a f.e.m. sinusoidale. Metodologie per la realizzazione del controllo vettoriale.

5. Motori passo

Motori a magneti permanenti, a riluttanza e ibridi. Caratteristiche dinamiche dei motori passo. Oscillazioni ed instabilità. Autosincronizzazione dei motori passo. Alimentazione unipolare e bipolare.

6. Motori a riluttanza variabile

Equazioni di macchina. Tecniche di alimentazione e caratteristiche di funzionamento.

7. Attuatori lineari

Attuatori lineari a corrente continua, e corrente alternata. Modelli di studio. Tecniche di alimentazione.

Esercitazioni

L'insegnamento 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. *JOB: ingegneria DIV: prog5.*

Testi consigliati:

- M.E. PENATI, G. BERTONI, *I Sistemi di Controllo, Modellistica e Tecnologia*, Zanichelli Editore, 1989.
- A.E. FITZGERALD, C. KINGSLEY JR., A. KUSKO, *Macchine Elettriche*, Franco Angeli Editore, Milano.
- JOHN M.D. MURPHY, F.G. TURNBULL, *Power Elertronic Control of AC Motors*, Pergamon Press, Oxford.
- T. KENRO and S. NACAMORI, *Permanent-Magnet and Brushless DC Motors*, Clarendon Press, Oxford.
- TAKASHI KENJO, *Stepping motors and their microprocessor controls*, Clarendon Press, Oxford, 1985.

Modalità di esami

L'esame consiste in una prova orale sugli argomenti svolti nel corso delle lezioni teoriche e delle esercitazioni.

Propedeuticità: Si presuppone la conoscenza degli elementi essenziali dell'insegnamento di Elettrotecnica e Controlli Automatici I.

OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA

Docente: **Paolo Toth** prof. ord.

L'Insegnamento si propone di illustrare le tecniche più efficienti per la soluzione dei problemi decisionali complessi che si presentano nella ottimizzazione delle risorse. Particolare attenzione viene dedicata agli aspetti modellistici ed algoritmici. Verranno considerate alcune applicazioni reali delle tecniche proposte.

Programma

Introduzione - Classificazione dei problemi di ottimizzazione. Modelli matematici dei problemi di ottimizzazione. Utilizzazione di *package* per la soluzione di problemi di programmazione lineare intera.

Problemi di ottimizzazione su grafi - Algoritmi per la determinazione di assegnamenti ed arborescenze a costo minimo.

Algoritmi esatti per problemi NP-difficili - Programmazione dinamica: riduzione del numero degli stati; algoritmi per i problemi del sacco e del circuito hamiltoniano a costo minimo. Algoritmi *branch-and-bound*: miglioramento dei rilassamenti, tecnica del subgradiente, criteri di dominanza, problemi di grandi dimensioni; algoritmi per i problemi del sacco, del circuito hamiltoniano a costo minimo in grafi orientati e non orientati, dell'instradamento dei veicoli e della copertura a costo minimo. Algoritmi *branch-and-cut*: vincoli aggiuntivi, procedure di separazione, problemi di grandi dimensioni; algoritmi per i problemi del circuito hamiltoniano a costo minimo e dell'instradamento dei veicoli. Analisi sperimentale delle prestazioni degli algoritmi descritti.

Algoritmi euristici per problemi NP-difficili - Algoritmi costruttivi ad una o più fasi. Procedure di ricerca locale (*simulated annealing, tabu search*). Algoritmi per i problemi del circuito hamiltoniano a costo minimo, dell'instradamento dei veicoli e della copertura a costo minimo. Analisi sperimentale delle prestazioni 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 dei veicoli (autobus e locomotive) e di determinazione dei turni del personale in aziende di trasporto pubblico. Gestione ottimale di un gasdotto. Risultati sperimentali ottenuti applicando gli algoritmi proposti a problemi reali.

Testi di consultazione:

- E.L. LAWLER, J.K. LENSTRA, A.H.G. RINNOVY KAN, D.B. SHMOYS, *The Traveling Salesman Problem*, J. Wiley, 1985.
 G.L. NEMHAUSER, A.H.G. RINNOVY KAN, M.J. TODD (editors), *Optimization*, vol. 1, North Holland, 1989.
 S. MARTELLO, P. TOTH, *Knapsack Problems: Algorithms and Computer Implementations*, J. Wiley, 1990.
 R.K. AHUJA, T.L. MAGNANTI, J.B. ORLIN, *Networks Flows: Theory, Algorithms, and Applications*, Prentice Hall, 1993.

Materiale didattico: fotocopie dei trasparenti utilizzati a lezione.

Esami: prove scritta ed orale. Le prove scritte hanno validità annuale.

Propedeuticità: Fondamenti di Informatica e Ricerca Operativa.

Tesi di laurea: realizzazione di algoritmi per problemi di ottimizzazione combinatoria.

ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E DEI SISTEMI LOGISTICI (vedi 49)

PROPAGAZIONE

Docente: **Gabriele Falciaese**ca prof. ord.

Obiettivi dell'Insegnamento: fornire gli elementi base per caratterizzare la propagazione in ambiente reale, su portante fisico e su canale hertziano; impostare il problema della ottimizzazione dell'uso dello spettro sia individuando il formato di segnale più adatto alle caratteristiche del canale sia relativamente alla distribuzione delle informazioni sul territorio.

I parte - Propagazione libera in ambiente reale: effetti della terra, della atmosfera, degli ostacoli di vario tipo: modelli di canale. Aleatorietà e tempo-varianza nella propagazione: modelli di canale.

II parte - Adattamento della forma d'onda del segnale al modello di canale considerato: criteri per la scelta dei metodi di modulazione, di accesso e di codifica. Contromisure adattative.

III parte - Metodi per la realizzazione delle coperture nei sistemi d'area (diffusione radio e TV, comunicazioni mobili e personali). Ottimizzazione globale dell'uso dello spettro radioelettrico in tempo, frequenza, spazio.

IV parte - Propagazione nelle guide metalliche e nelle linee di trasmissione reali: modelli di canale. Propagazione in guida dielettrica e in fibra ottica: modelli di canale.

V parte - Esempi di applicazioni: sistemi in fibra ottica, il sistema televisivo, il sistema radiomobile paneuropeo GSM, sistemi cordless.

PROPRIETÀ TERMODINAMICHE E DI TRASPORTO (vedi 41)

RETI DI CALCOLATORI

Docente: **Antonio Corradi** prof. ass.

Obiettivi

Si intendono fornire i criteri di analisi e progetto per sistemi distribuiti, intesi come insieme di entità di esecuzione anche eterogenee che cooperano per un obiettivo comune. Particolare enfasi è posta sugli aspetti di applicabilità, usabilità e qualità del servizio fornito e standardizzazione delle soluzioni.

Programma

Generalità e concetti di base

- definizioni di base ed inquadramento generale
- classificazione dei sistemi distribuiti
- standardizzazione delle soluzioni (ISO/OSI ed Internet)
- modelli e paradigmi caratteristici, come: il modello cliente/servitore, i modelli di replicazione, altri modelli: di guasto, di interazione, di connessione, tuple, oggetti,.....
- introduzione alla affidabilità dei sistemi: ipotesi di guasto, protocolli per la tolleranza ai guasti.

Alcuni modelli e strumenti di riferimento

- modelli PRAM e MP-RAM
- parametri di parallelizzazione di applicazioni: speed-up ed efficienza
- classificazione delle interazioni
- modelli cliente-servitore, modelli a procedura remota, transazioni distribuite
- altri modelli avanzati: RPC asincrona, ambienti standard emergenti (IDL, standard ad oggetti CORBA)
- alcuni strumenti a larga diffusione: TCP/IP protocolli, UNIX socket, SUN RPC.

File System Distribuiti

- condivisione, disponibilità e tolleranza ai guasti, replicazione, correttezza
- classificazione file system di rete e file system distribuiti
- esempi di sistemi: LOCUS, UNIX NFS, Sprite, Andrews.

Sistemi Operativi Distribuiti

- Aspetti di Comunicazione, Sincronizzazione
- Naming delle risorse
- Granularità dei processi e loro interazione, allocazione e configurazione, mobilità dei processi, bilanciamento del carico
- Gestione delle risorse, protezione e sicurezza nella comunicazione: crittografia e Kerberos, progetto di firewall
- Esempi di sistemi: Mach, Chorus, Amoeba, DCE.

Ambienti Standard

- Organizzazione a livelli ISO OSI
- Generalità, livello di trasporto e livelli applicativi
- Metodologia ad oggetti e sintassi astratta, ASN. 1 e BER
- Applicazioni standard distribuite

Testi consigliati

- G. COULOURIS, J. DOLLIMORE, T. KINDBERG, *Distributed Systems: concepts and Design*, Addison-Wesley (seconda edizione), 1994.
- PETERSON, DAVIE, *Reti di Calcolatori*, Zanichelli, 1999.
- F. HASHALL, *Reti di Calcolatori e Sistemi Aperti*, Addison-Wesley, 1998.
- R.W. STEVENS, *TCP/IP Illustrated*, voll. 2, 3, Addison-Wesley, 1994/1995/1996.
- A.S. TANENBAUM, *Computer networks*, Prentice-Hall, 1988 (tradotto in "Reti di Calcolatori", Jackson).
- S. MULLENDER, *Distributed Systems*, ACM Press, Addison-Wesley, prima edizione 1989, seconda edizione 1993.
- Si consigliano inoltre articoli per i diversi argomenti e esplorazioni del Web per materiale recente su argomenti specifici.

Esame:

L'esame è composto di due fasi:

I) Progetto

Gli studenti sono caldamente consigliati a identificare un settore di interesse per definire e realizzare un progetto che consenta di verificare sul campo le conoscenze acquisite, dalla fase di specifica alla completa realizzazione, dalla prova del sistema alla verifica delle prestazioni. Il progetto richiede una fase di accordo con il docente per definire le scelte e i criteri.

II) Prova orale

Il docente è disponibile a fare esami su richiesta degli studenti interessati.

Propedeuticità: È richiesta una buona conoscenza del settore dei sistemi operativi (vedi "Calcolatori Elettronici II").

RETI DI TELECOMUNICAZIONI

Docente: **Giorgio Corazza** prof. ord.

L'Insegnamento affronta le problematiche della rete di telecomunicazioni e si propone di fornirne i criteri di dimensionamento, tenendo conto delle varie tecniche di trasmissione, commutazione e segnalazione.

Programma

Rete di telecomunicazioni - Obiettivi della rete di telecomunicazioni, tecniche impiegate, servizi offerti. Dimensioni della rete, del mercato e dell'utenza. Conseguenze tecnico-economiche. Ruolo degli standard, organismi internazionali di coordinamento. Integrazione delle tecniche e dei servizi.

Elementi di teoria del traffico - Grandezze che caratterizzano il traffico. Il traffico come processo aleatorio. Catene di Markov, processi di nascita e morte, sistemi di code. Traffico telefonico, formule di Erlang, traffico di tabacco. Traffico di tipo dati, code M/M/1 e M/G/1.

Reti di calcolatori - Obiettivi e funzioni svolte. Architettura delle reti a strati. Modello di riferimento OSI a 7 strati. Protocolli e interfacce per i vari strati. Commutazione di circuito e di pacchetto. Reti geografiche, protocolli per le reti pubbliche. Reti locali, protocolli di accesso, standard IEEE 802, reti locali in fibra ottica.

Reti telefoniche - Cenni storici: era manuale ed elettromeccanica, centrali controllate elettronicamente. Segnalazione associata al circuito. Rete telefonica, piani regolatori. Commutazione elettronica numerica. Segnalazione a canale comune.

Rete numerica integrata nei servizi (ISDN) - Architetture di riferimento per ISDN. Servizi portanti e teleservizi. Accessi standardizzati: accesso base, accesso primario. Rete integrata a larga banda (BISDN). Modi di trasferimento STM e ATM. Reti di commutazione a larga banda.

Testi consigliati:

Appunti tratti dalle lezioni.

M. DECINA, A. ROVERI, *Code e traffico nelle reti di comunicazioni*, La Goliardica Editrice, Roma.

M. DECINA, A. ROVERI, *Introduzione alle reti telefoniche, analogiche e numeriche*, La Goliardica Editrice, Roma.

G. DICKINSON, A. LLOYD, *Open System Interconnection*, Prentice Hall, 1992.

W. STALLINGS, *ISDN and Broadband ISDN*, Mc Millan, New York.

A.S. TANENBAUM, *Reti di calcolatori*, Gruppo editoriale Jakson, Milano.

Esami: orali.

Propedeuticità consigliate: Comunicazioni elettriche, Elettronica applicata II, Reti logiche, Sistemi per l'elaborazione dell'informazione.

RETI LOGICHE A

Docenti: **Roberto Laschi** prof. ord.
Eugenio Faldella prof. ord.
Luigi Di Stefano ric.

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. Unità funzionali di un calcolatore. Rappresentazione binaria dell'informazione. Segnali binari.
2. Il modello delle macchine sequenziali. La rete logica combinatoria. La memoria binaria.
3. Algebra di commutazione. Sintesi e analisi di reti logiche combinatorie.
4. Modularità e programmabilità nella progettazione di reti combinatorie complesse.
5. Teoria degli automi. Sintesi e analisi di reti logiche sequenziali sincrone.
6. Modularità e controllabilità in reti sequenziali complesse.
7. Il processore di un semplice calcolatore general-purpose.

Esercitazioni di laboratorio:

Progettazione di semplici sistemi ed introduzione all'uso di strumenti automatici per la sintesi e l'analisi.

Materiale di supporto allo studio:

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.

Prove d'esame:

Relazione scritta sugli argomenti 1 e 2. Compito scritto sugli argomenti 3 e 4. Compito scritto sugli argomenti 5 e 6. Relazione orale sull'argomento 7. Per gli studenti che non abbiano sostenuto o superato la precedente scaletta di prove d'esame, sono previsti appelli distribuiti nell'anno accademico in cui la preparazione complessiva verrà valutata con una prova scritta ed una prova orale.

Propedeuticità:

Fondamenti di Informatica A

RETI LOGICHE

Docenti: **Eugenio Faldella** prof. ord. (L-Z)

Roberto Laschi prof. ord. (A-K)

Finalità dell'Insegnamento

Introdurre le tecniche di descrizione dei sistemi digitali e presentare i modelli matematici che consentono di progettare la struttura interna a partire da un appropriato insieme di componenti e soddisfacendo di volta in volta le specifiche derivanti dalla particolare relazione ingresso/uscita assegnata.

Programma

I sistemi digitali: campi di applicazione, principi di funzionamento, problematiche di progetto. Le modalità di rappresentazione, di trasferimento e di elaborazione delle informazioni.

La gerarchia delle reti logiche. Postulati e teoremi dell'algebra di commutazione. Circuiti di commutazione. I procedimenti di analisi e di sintesi per reti combinatorie elementari, per reti combinatorie complesse e per reti combinatorie programmabili. Metodologie di rappresentazione del comportamento dinamico delle reti sequenziali. I procedimenti di analisi e di sintesi per reti asincrone. I procedimenti di analisi e di sintesi per r. sincrone. Moduli di elaborazione sequenziale e unità funzionali programmabili.

Metodologie di progetto di sistemi digitali complessi. Il principio di decomposizione in sottosistemi funzionali interagenti. Definizione di servizi, interfacce e protocolli. La distinzione tra data path e control unit. La notazione RTL per il trasferimento di dati tra registri. La sintesi di unità di controllo mediante algorithmic state machines.

Testi consigliati:

R. LASCHI, *Reti Logiche*, Esculapio, 1995.

J.P. HAYES, *Introduction to Digital Logic Design*, Addison-Wesley, 1994.

R.H. KATZ, *Contemporary Logic Design*, Benjamin/Cummings, 1994.

L'esame consiste in una prova scritta e in una successiva prova orale a caratte integrativo.

Le *esercitazioni* sono svolte in aula e in laboratorio come parte integrante delle lezioni e non viene quindi normalmente rispettata la distinzione formale tra ore di lezione ed ore di esercitazione prevista nell'orario ufficiale dell'insegnamento.

Indirizzo delle tesi di laurea: Tecniche di progettazione e campi di applicazione dei calcolatori elettronici.

RICERCA OPERATIVA

Docente: **Silvano Martello** prof. ord.

Obiettivo dell'Insegnamento è presentare le metodologie per la soluzione dei problemi decisionali che si presentano in campo sociale ed industriale.

1. *Simulazione di sistemi discreti*

- Complementi di statistica: variabili aleatorie, generazione di valori pseudo-casuali, metodo della trasformazione inversa, distribuzioni discrete.
- Descrizione statica e dinamica di un sistema, metodo della programmazione degli eventi, diagrammi di flusso per problemi di simulazione.
- Linguaggio SIMSCRIPT II.5.

2. *Programmazione lineare*

- La programmazione matematica e i problemi di programmazione convessa.
- Forma generale, canonica e standard di un problema di programmazione. Algoritmo del simplesso: soluzioni base, interpretazione geometrica, organizzazione del «tableau», criterio di ottimalità, degenerazione, determinazione di una soluzione base iniziale.
- Teoria della dualità: problema duale, condizioni di ortogonalità, algoritmo del simplesso duale, algoritmo primale-duale.

3. *Programmazione lineare intera*

- Unimodularità; algoritmi con piani di taglio ed algoritmi enumerativi.
- Programmazione lineare intera: metodo di Gomory, branch-and-bound.
- Programmazione lineare mista e binaria; problema 0-1.

4. *Teoria dei grafi*

- Definizioni fondamentali.
- Alberi e cammini minimi.
- Circuiti hamiltoniani: algoritmo enumerativo.
- Problemi di flusso: algoritmo di Ford e Fulkerson per il problema del flusso massimo; trasformazioni per altri problemi di flusso.

5. *Teoria della complessità*

- Classi P ed NP. Problemi NP-completi.
- Complessità dei principali problemi di ottimizzazione combinatoria.
- Programmazione dinamica. Problemi fortemente NP-completi.

6. *Algoritmi branch-and-bound*

- Schemi di branching.
- Rilassamenti: continuo, lagrangiano, surrogato; applicazione al problema knapsack multiplo.
- Procedure di riduzione.
- Algoritmi approssimati: analisi sperimentale, probabilistica, worst-case.

Testi consigliati:

S. MARTELLO, *Lezioni di ricerca operativa*, Esculapio, 1995.

S. MARTELLO, D. VIGO, *Esercizi di ricerca operativa*, Esculapio, 1994.

- M. GAREY, D. JOHNSON, *Computers and Intractability: a Guide to the Theory of completeness*, Freeman, 1979.
- C. PAPANIMITRIOU, K. STEIGLITZ, *Combinational Optimization - Algorithms and Complexity*, Prentice Hall, 1982.
- N. CHRISTOFIDES, *Graph Theory: an algorithmic approach*, J. Wiley, 1978.
- S. MARTELLO, P. TOTH, *Knapsack Problems: Algorithms and Computer Implementations*, Wiley, 1990.

Esami: sono previste una prova scritta ed una orale.

Tesi di Laurea: con indirizzo problemi di ottimizzazione combinatoria.

ROBOTICA INDUSTRIALE

Docente: **Claudio Melchiorri** ricerc.

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.

SENSORI E TRASDUTTORI (vedi 45)**SISTEMI DI COMMUTAZIONE**Docente: **Carla Raffaelli** (ric.)

L'Insegnamento si propone di trattare le diverse modalità di trasferimento dell'informazione nelle reti di telecomunicazione e le architetture degli apparati di rete adatte alla loro realizzazione, con particolare riferimento alle reti integrate ad alta velocità.

*Programma**Modi di trasferimento.*

Caratteristiche dei principali servizi di telecomunicazione; ritmo binario e burstiness. Esempi di calcolo della burstiness. Definizione di modo di trasferimento. Classificazione delle alternative di multiplexazione. Classificazione delle alternative di commutazione. Architetture dei protocolli. Esempi di modi di trasferimento.

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. P-grafo. Prestazioni.

La commutazione nelle reti analogiche e numeriche.

Commutazione analogica: problematiche, architetture. Matrice T, TST, STS e relativo dimensionamento. Esempi. La segnalazione. Il sistema di segnalazione n. 7.

La commutazione nella rete integrata a larga banda.

Lo standard ATM: scelta della lunghezza del pacchetto. La gerarchia SDH per la trasmissione. Percorsi e canali virtuali. Architettura generale di un commutatore ATM. Esempi di architetture. Architetture per la commutazione fotonica.

Teoria del traffico.

Introduzione: analisi e simulazione. Coda M/G/1. Sistemi tempo-discreti. Modelli per accodamento in ingresso. Modelli per accodamento in uscita.

Esercitazioni; dimensionamento di commutatori per reti a larga banda.

Testi di riferimento

- 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 Giardica 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 PRYCKER, *Asynchronous Transfer Mode: Solution for Broadband ISDN*, Hellis Horwood, New York.

Esami: orali.

Propedeuticità consigliate: Reti di Telecomunicazioni.

SISTEMI DI ELABORAZIONE

Docente: **Giovanni Neri** prof. ord.

MODULO "ARCHITETTURE AVANZATE"

Pentium Pro

Generalità sui microprocessori Pentium Pro. Startup dei sistemi: autoconfigurazione e valori iniziali. Il funzionamento interno del microprocessore Pentium Pro: decodifica, esecuzione fuori ordine, assegnazione delle risorse, ritiro delle istruzioni. Gestione del processore. Sistemi di caches del Pentium PRO: cache integrate di I e II livello. Caratteristiche elettriche del bus. Funzionamento base del bus: transazioni vs trasferimenti singoli e relative implicazioni. Arbitraggio del bus. Bus seriale delle interruzioni. Le fasi di una transazione: predisposizione, test, snoop, accettazione e risposta. I chipset disponibili

Il Pentium II.

Testo consigliato:

TOM SHANLEY, *Pentium Pro Processor System Architecture*, Mind Share IC, Addison-Wesley Publishing Company, 1995, ISBN 0-201-47953-2.

Bus PCI

Concetto di bus locale. Bus PC: ISA, VESA e PCI. Generalità sul bus PCI. Modalità di trasmissione dei segnali elettrici. I segnali impiegati nel bus PCI. Arbitraggio del bus. I comandi del bus. Trasferimenti di lettura e scrittura. Transazioni anomale e abortite. Problematiche di interruzione. Acquisizione di risorse condivise. Schede PCI.

Testo consigliato:

TOM SHANLEY & DON ANDERSON, *PCI system architecture*, MindShare IC, Addison-Wesley Publishing Company, 1995, ISBN 0-201-40993-3.

MODULO "TEORIA E TECNICHE DI ELABORAZIONE DELLA IMMAGINE "

Formazione ed acquisizione delle immagini (modelli geometrici e fotometrici, campionamento e quantizzazione, tecnologie).

Operatori per il miglioramento della qualità (operatori puntuali, convoluzione e corre-

lazione, trasformata di fourier, filtraggio di immagini). Segmentazione (istogramma, binarizzazione, "region growing", "split-and-merge"). Operatori morfologici (erosione, dilatazione, apertura, chiusura, "hit-and-miss"). Analisi di regioni (proprietà geometriche e topologiche, descrittori di forma, metriche discrete e relative trasformate). Estrazione dei contorni (operatori classici, operatore log, operatore di canny). Individuazione di forme (pattern matching e trasformata di hough). Visione tridimensionale (calibrazione della telecamera, visione stereoscopica, metodi basati sulla luce strutturata).

Il modulo prevede un ciclo di esercitazioni di laboratorio in cui gli studenti hanno la possibilità di sperimentare le tecniche di elaborazione dell'immagine presentate durante le lezioni. Inoltre una parte delle esercitazioni è dedicata allo sviluppo di un progetto le cui specifiche vengono definite di anno in anno.

Testi consigliati

Dispense redatte dal docente.

GONZALES R., WOODS R., *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, Mass., USA, 1992.

PRATT W., *Digital Image Processing*, 2nd Ed., John Wiley & Sons, New York, 1991.

NALWA V., *A Guided Tour of Computer Vision*, Addison-Wesley, Mass., USA, 1993.

Esame:

Discussione di un progetto di laboratorio ed esame orale sugli argomenti dell'Insegnamento.

SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE

Docente: **Oreste Andrisano** prof.ord.

L'Insegnamento si pone l'obiettivo di fornire i fondamenti per il dimensionamento dei sistemi di comunicazione analogici e digitali. Vengono affrontate le problematiche di base per l'analisi e il progetto dei sistemi di trasmissione su portante radio o su portante fisico. Vengono forniti alcuni cenni sui metodi di accesso multiplo ed alcuni esempi di progetto di sistema tratti dalle applicazioni più significative.

Prima parte

Generalità sulla rete di telecomunicazioni: la rete fissa e la rete mobile.

La cifra di impianto per sistemi analogici e digitali.

Elementi di teoria statistica della decisione.

Sistemi di trasmissione digitali in banda base.

Segnali digitali: calcolo dello spettro di potenza.

Sistemi di modulazione digitali

Seconda Parte

Descrizione statistica del rumore passabanda.

Prestazioni di sistemi digitali: compromesso banda-potenza.

Sistemi con interferenza intersimbolo.

Sistemi di trasmissione analogici.
 Effetti delle non linearità.
 Caratterizzazione della tratta radio: cenni.
 Effetti delle interferenze nei sistemi digitali.
 Protocolli di accesso multiplo: cenni.

Applicazioni

Vengono scelte tra le seguenti:

- a) sistemi radiomobili cellulari e sistemi cordless
- b) reti di comunicazione wireless
- c) sistemi di telecomunicazioni per la gestione del traffico
- d) sistemi di radiodiffusione diretta da satellite
- e) ponti radio
- f) sistemi multimediali wireless

Seminari

Vengono organizzati nell'ambito dell'Insegnamento mediante la partecipazione di esponenti del mondo industriale.

Esercitazioni di laboratorio

- calcoli di progetto di sistemi di trasmissione.
- dimostrazioni su banco di misura relative a sistemi di trasmissione digitali.
- accesso in rete al banco di misura.

Testi consigliati:

Quaderni di telecomunicazioni: Sistemi di trasmissione digitali in banda base, appunti tratti dalle lezioni del Prof. O. Andrisano, Esculapio, Bologna.

Quaderni di telecomunicazioni: Sistemi di trasmissione digitali passabanda, appunti tratti dalle lezioni del Prof. O. Andrisano, Esculapio, Bologna.

TAUB SCHILLING, *Principles of Communication Systems*, Second Edition, McGraw-Hill.

M. SCHWARTZ, *Information, Transmission, Modulation and Noise*, McGraw-Hill.

BRUCE CARLSON, *Communication Systems*, Third Edition, McGraw-Hill.

B. SKLAR, *Digital Communications, Fundamental and Applications*, Prentice Hall.

J.G. PROAKIS, M. SALEHI, *Communication System engineering*, Prentice Hall.

Esami: prova intermedia scritta e colloquio finale per gli studenti che frequentano le lezioni.

Tesi: di tipo sperimentale da sviluppare in laboratorio o presso aziende manifatturiere di Telecomunicazioni, o in collaborazione con gestori della rete radiomobile.

SISTEMI INFORMATIVI I

Docente: **Paolo Tiberio** prof. ord.

Introduzione ai concetti fondamentali sui sistemi informativi. Raccolta dei requisiti per le informazioni utili all'organizzazione aziendale. Metodologie per il progetto, il modello Entità-Relazione. La progettazione concettuale e la costruzione degli schemi dei dati. I diagrammi di flusso delle operazioni ed il progetto delle funzioni. Strategie di progetto e documentazione.

Basi di dati relazionali, il modello logico relazionale, i vincoli sui dati. Algebra relazionale, selezione, proiezione e join. La normalizzazione delle relazioni, le dipendenze funzionali e le decomposizioni. Il linguaggio SQL, la creazione della base di dati, interrogazioni, manipolazione dei dati e controllo degli accessi. La progettazione logica, la ristrutturazione degli schemi concettuali, la traduzione in schemi logici relazionali. Struttura degli archivi. Metodi di ordinamento e di ricerca. Metodologie ed algoritmi per l'accesso con funzioni hash. Metodi hash dinamici. Gli indici B+tree. Indici primari secondari. Calcolo dei costi di accesso e di strutturazione dei dati. Metodologie di archiviazione di informazioni non strutturate. Strutture a files invertiti. Metodi che utilizzano signature files. Rappresentazione delle informazioni su memoria di massa, caratteristiche dei dispositivi. Sistemi di gestione di basi di dati (DBMS). Architettura generale di un DBMS relazionale. Metodi di accesso ai dati, algoritmi di join. Ottimizzazione delle interrogazioni, calcolo dei costi di accesso e di modifica dei dati e degli indici. I cataloghi di sistema e la metodologia di controllo delle autorizzazioni. Le transazioni, la gestione degli accessi concorrenti. Le metodologie di ripristino delle informazioni in caso di guasto software ed hardware. Tecnologia dei database server, la struttura client-server, architetture distribuite. Basi di dati e World-Wide-Web.

Testi di riferimento:

Sono disponibili in fotocopia appunti informali rilasciati dal docente.

P. ATZENI, S. CERI, S. PARABOSCHI, R. TORLONE, *Basi di dati: concetti, linguaggi e architetture*, Mc Graw Hill, 1996.

A. GUIDI, D. DORBOLÓ, *Guida ad SQL*, Mc Graw Hill, 1996.

P. CIACCIA, D. MAIO, *Lezioni di basi di dati*, Progetto Leonardo, 1996.

D. MAIO, S. RIZZI, *Esercizi di progettazione di basi di dati*, Progetto Leonardo, 1996.

SISTEMI INFORMATIVI II

Docente: **Maria Rita Scalas** prof. ass.

L'Insegnamento si propone di fornire all'allievo gli strumenti necessari per la progettazione di un sistema informativo. Particolare accento verrà posto sulla tecnologia delle basi di dati relazionali e sui metodi necessari per un suo impiego corretto nel progetto di un sistema informativo.

Nella prima parte dell'insegnamento vengono discusse le caratteristiche dei sistemi di

gestione di basi di dati distribuite, soffermandosi sugli aspetti di progettazione dei dati, di ottimizzazione delle interrogazioni, di gestione della concorrenza e del recovery.

Nella seconda parte vengono presentate le caratteristiche delle varie fasi di progettazione dei sistemi informativi, confrontando i diversi approcci proposti in letteratura esaminando in particolare i seguenti argomenti:

Ciclo di vita dei sistemi informativi. Pianificazione e valutazione costi-benefici. Raccolta e analisi dei requisiti. Specifica dei requisiti. Modellazione dei dati, della dinamica delle funzioni. Uno schema di confronto dei vari metodi. Metodi di progettazione basati su scomposizione funzionale. Analisi strutturata, cenni ad altri metodi. Metodi di progettazione orientati agli oggetti. Strumenti di ausilio alla progettazione.

Allo scopo di evidenziare gli aspetti peculiari dei diversi metodi di progettazione vengono esaminati in dettaglio alcuni modelli e metodi largamente impiegati in ambienti industriali. Parte integrante dell'insegnamento è costituita da esercitazioni riguardanti lo sviluppo di applicazioni database in ambiente relazionale, in configurazione centralizzata e distribuita.

La parte finale dell'insegnamento illustra e discute le direttrici di sviluppo nel settore dei sistemi informativi, focalizzando in particolare l'attenzione sulle prospettive offerte dalle basi di dati orientata agli oggetti e sui sistemi per la gestione di dati multimediali.

Testi di base

Saranno disponibili dispense informali sui vari argomenti trattati nell'insegnamento.

OTZU VALDURIEZ, *Principles of distributed database systems*, Prentice-Hall.

C. BATINI, S. CERI, S. NAVATHE, *Conceptual Database Design-an Entity-Relationship approach*, Benjamin Cummings, 1992.

E. BERTINO, L.D. MARTINO, *Sistemi di base di dati orientate agli oggetti - concetti e architetture*, Addison-Wesley Masson, 1992.

Bibliografia di consultazione: rivolgersi al Docente.

Modalità d'esame

L'esame consta di due parti:

- 1) discussione di un elaborato di progetto
- 2) prova orale

STRUMENTAZIONE BIOMEDICA

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.

Testi consigliati:

G. AVANZOLINI, *Strumentazione biomedica*, Patron Editore, Bologna, 1975.

W. WELKOWITZ, S. DEUTSCH, *Biomedical Instruments: Theory 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 E MISURE ELETTRONICHE

Docente: **Pietro Olivo** ricerc.

L'Insegnamento, partendo dall'architettura di uno specifico strumento (analizzatore di spettro nell'anno accademico considerato), illustra le caratteristiche fondamentali della strumentazione elettronica, con particolare attenzione alla componentistica ed ai problemi legati al rumore dei dispositivi elettronici. L'insegnamento tratta inoltre i problemi della connessione in rete di strumenti pilotati da calcolatore ed illustra l'architettura di una macchina automatica per il collaudo.

Programma

Gli analizzatori di spettro. Brevi richiami sull'analisi spettrale. Applicazioni dell'analisi spettrale. Caratteristiche fondamentali degli analizzatori di spettro. Analizzatori analogici e digitali: differenze e applicazioni.

Analizzatori analogici. Sistemi «*superheterodyne*». Architettura di un analizzatore «*superheterodyne*». Specifiche di un analizzatore *superheterodyne*: risoluzione, sensibilità, cifra di rumore, *range* dinamico. Rappresentazione dei risultati. Estensione del *range* di frequenze: analizzatori per microonde.

Analizzatori digitali. Cenni sulla «*Fast Fourier Transform*». Architettura di un analizzatore digitale. *Band selectable analysis. Time window.* Generatori di rumore. Analisi di rete. Tecniche di media. *Real time band width.*

Il rumore: sua caratterizzazione e misure. I processi stocastici. Rumore Johnson, shot, burst e flicker. Densità spettrale di potenza nei diversi casi. Rumore nei 2-porte lineari. Sorgenti campione di rumore. Cifra di rumore di un apparato: dipendenza dai vari parametri e sua misura. Temperatura equivalente di rumore. Esempi di valutazione del rumore in semplici stadi amplificatori.

Alcuni circuiti elettronici integrati di uso frequente nella strumentazione. Amplificatori operazionali: caratteristiche e prestazioni. Tensione di *offset*, risposta in frequenza, *slew rate*, effetti termici. Tecniche per la riduzione dell'*offset* e per l'incremento dello *slew rate*. Amplificatori con ingresso a JFET. Amplificatori CMOS. Amplificatori ad 1 sola alimentazione. Amplificatori per strumentazione. Amplificatori a transconduttanza e transresistenza. Filtri attivi. Elementi non lineari (convertitori logaritmici, moltiplicatori analogici). Riferimenti di tensione. *Sample and hold.* Convertitori D/A/ e A/D.

Reti di strumenti controllati da calcolatore. Problemi di interfacciamento. L'interfaccia IEEE 488. Protocollo di trasmissione. Trasmissione di dati e comandi. Problemi di gestione e di trasmissione dei dati. Programmazione degli strumenti.

Esempio di strumentazione computerizzata. Cenni sui problemi del collaudo dei circuiti integrati. Il collaudo mediante (*Automated Test Equipment*) e mediante *Electron Beam Tester*. Caratteristiche ed architettura dell'ATE S15 e dell'EBT IDS3000. Funzionamento degli strumenti ed esempi d'uso.

Esercitazioni

Sono previste una esercitazione in aula e due diverse esercitazioni di laboratorio. L'esercitazione in aula riguarda il progetto di un semplice strumento di misura (convertitore corrente/tensione con uscita digitale per correnti nel *range* InA-1mA). Le due esercita-

zioni di laboratorio verteranno una sugli analizzatori di spettro (misure di rumore rilevazione delle caratteristiche di segnali modulati, analisi delle distorsioni di segnali in uscita da generatori di segnali, ...) con successiva automazione delle misure mediante l'uso dell'interfaccia IEEE488.

Tesi consigliati:

Appunti forniti dal docente. Sono disponibili videocassette che descrivono l'uso degli strumenti ed illustrano le esercitazioni.

Esami

L'esame (orale) prevede anche, per chi ha svolto le esercitazioni, la discussione di una relazione sull'esercitazione di laboratorio svolta.

TEORIA DEI SISTEMI

Docente: **Roberto Guidorzi** prof. ord.

L'Insegnamento presenta le caratteristiche dei modelli in grado di descrivere i sistemi dinamici e ne discute le relative proprietà, fornendo una base per gli insegnamenti successivi sui controlli automatici e sui calcolatori.

Programma

Introduzione ai sistemi

Concetti fondamentali. Modelli esterni e modelli ingresso/stato/uscita. Modelli differenziali ed alle differenze ingresso/stato/uscita. Stati equivalenti e sistemi equivalenti. Moti, traiettorie e stati di equilibrio. Sistemi lineari. Raggiungibilità, controllabilità, osservabilità, ricostruibilità e relativi insiemi caratteristici. I principali problemi di controllo e osservazione dello stato. Le problematiche della teoria dei sistemi e del controllo.

La stabilità nei sistemi dinamici

Stabilità dei moti e delle risposte rispetto a perturbazioni dello stato iniziale e dell'ingresso. Stabilità in piccolo e in grande. I criteri di stabilità di Liapunov. Linearizzazione dei sistemi non lineari. Il criterio ridotto di Liapunov. I criteri di instabilità di Liapunov e di Cetaev.

I sistemi a stati finiti

Modelli di sistemi a stati finiti. Esempi di sistemi a stati finiti. Rappresentazione con tabelle e grafi. Controllabilità. Stati equivalenti e riduzione alla forma minima. Diagnosi ed osservazione dello stato. Incasellamento e ricostruzione dello stato. Sistemi a memoria finita.

I sistemi lineari non stazionari

Evoluzione dello stato. Matrice di transizione e sue proprietà. Risposta impulsiva. Raggiungibilità e controllabilità: calcolo dei sottospazi caratteristici e soluzione del problema del controllo tra due stati. Osservabilità e ricostruibilità: calcolo dei sottospazi caratteristici

e soluzione del problema dell'osservazione dello stato iniziale. Condizioni necessarie e sufficienti per la stabilità semplice, asintotica, i.l.s.l. ed i.l.u.l.

I sistemi lineari stazionari

Calcolo dell'esponenziale di matrice e della potenza di matrice. Determinazione del moto. Modi e loro stabilità. Passaggio dai modelli continui a quelli discreti. Determinazione dei sottospazi di raggiungibilità, controllabilità, osservabilità e ricostruibilità. Cambiamenti di base nello spazio degli stati e scomposizione canonica di Kalman. Uso della forma di Jordan. Condizioni per la stabilità semplice, asintotica, i.l.s.l. e i.l.u.l. Retroazione e assegnabilità degli autovalori. Osservatori asintotici dello stato e proprietà di separazione. Rappresentazioni di ingresso/uscita. Funzione di trasferimento. Realizzazione di una risposta impulsiva e di sequenze di ingresso/uscita.

I sistemi stocastici

Il problema della estrazione di relazioni lineari da dati affetti da rumore. Gli schemi dei minimi quadrati, dei minimi quadrati totali, dell'autovettore, delle componenti principali di Frisch. Osservatore ottimo in presenza di disturbi. Il filtro di Kalman per sistemi continui e discreti. L'osservatore ottimo a regime per processi stazionari. Applicazione del filtro di Kalman alla identificazione in linea di un modello ARX.

L'insegnamento è integrato dai seguenti richiami matematici

Sottospazi invarianti rispetto ad una trasformazione lineare. Cambiamenti di base matrici di proiezione. Proiezioni ortogonali e pseudoinversa. La forma canonica di Jordan. Funzioni di matrice e loro calcolo. Metodi computazionali per la determinazione del polinomio caratteristico e di quello minimo.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono parte integrante dell'insegnamento e comprendono aspetti elementari di modellistica e l'applicazione delle metodologie sistemiche a sistemi reali. È inoltre prevista l'utilizzazione di personal computer con codici di calcolo per la risoluzione di problemi di analisi e sintesi di sistemi dinamici di dimensioni non banali.

Testi consigliati:

- S. BEGHELLI, R. GUIDORZI, *Teoria dei Sistemi: Test commentati e risolti*, Esculapio, Progetto Leonardo, Bologna, 1991.
- R. GUIDORZI, *Teoria dei Sistemi: Esercizi e Applicazioni*, Zanichelli, Bologna, 1991.
- G. MARRO, *Teoria dei Sistemi e del Controllo*, Zanichelli Editore, Bologna, 1989.
- R. GUIDORZI, *Appunti integrativi sulla stabilità*. Disponibile come file in formato Adobe Acrobat su server Web (<http://sting.deis.unibo.it/tds/>).
- R. GUIDORZI, *Dispensa sugli schemi di stima*. Disponibile come file in formato Adobe Acrobat su server Web (<http://sting.deis.unibo.it/tds/>).
- R. GUIDORZI, *Appunti sul filtro di Kalman*. Disponibili come file in formato Adobe Acrobat su server Web (<http://sting.deis.unibo.it/tds/>).
- E. FORNASINI, G. MARCHESINI, *Appunti di Teoria dei Sistemi*, Edizioni Libreria Progetto, Padova, 1988.
- S. RINALDI, *Teoria dei Sistemi*, Hoepli, Milano, 1973.

Esami

Gli esami prevedono una prova scritta obbligatoria basata sulla risposta a domande di tipo non mnemonico volte ad accertare il grado di approfondimento della materia da parte del candidato e sullo svolgimento di esercizi.

Strumenti didattici su Internet

Il server Web dedicato all'Insegnamento (<http://sting.deis.unibo.it/tds/>), contiene informazioni dettagliate ed aggiornate su contenuti e struttura dell'insegnamento, testi di prove di esame, materiale didattico vario (dispense, appunti, manuali, Errata Corrige dei testi adottati). Il server inoltre consente di sottoporre domande al docente, di consultare le domande sottoposte da altri allievi e le risposte del docente, di mettersi in lista per le prove d'esame, di consultare i risultati di tali prove e di aver accesso, su Internet, a risorse legate agli argomenti dell'insegnamento.

TRASMISSIONE NUMERICA

Docente: **Giovanni Emanuele Corazza** prof. ord.

Introduzione

Architetture e applicazioni dei sistemi di trasmissione numerica.

Parte I - Strumenti matematici.

Richiami sulla teoria dei segnali, elaborazione numerica dei segnali, teoria dei fenomeni aleatori.

Parte II - Teoria della decisione e della stima.

Criteri di decisione: Bayes, MAP, ML, Minimax, Neyman-Pearson. Criteri di stima: Bayes, MMSE, MAP, ML. E limite inferiore di Cramer-Rao. Applicazioni: ricezione numerica, sincronizzazione, equalizzazione.

Parte III - Teoria dell'informazione e dei codici

Informazione, entropia, informazione mutua, capacità. Codifica di sorgente. Codifica di canale: codici a blocco e convoluzionali.

Parte IV - Principi di trasmissione a spettro espanso e applicazioni

Trasmissione a spettro espanso con tecniche a sequenza diretta, a salti in frequenza, a salti nel tempo. Sincronizzazione. Sistemi di trasmissione a spettro espanso.

Testi di riferimento

Appunti dell'Insegnamento

J.G. PROAKIS, *Digital communications*, McGraw-Hill, 3rd ed., 1995.

S. BENEDETTO, E. BIGLIERI, V. CASTELLANI, *Digital transmission theory*, Prentice Hall, 1987.

Esame: orale.

DATI STATISTICI

STUDENTI ISCRITTI NELL'ANNO ACCADEMICO 1998/1999

	I		II		III		IV		V		fuori corso	
	m+f	f	m+f	f	m+f	f	m+f	f	m+f	f	m+f	f
↓ Corso di laurea												
ing. edile	154	58	136	59	152	45	137	54	125	41	558	176
ing. chimica	43	14	50	19	23	10	58	21	48	12	246	62
ing. civile	139	22	74	9	90	14	88	20	97	20	780	116
ing. delle telecomunicazioni	115	15	116	7	123	14	86	10	97	10	336	37
ing. elettrica	49	6	50	2	63	4	59	3	53	3	269	13
ing. elettronica	140	25	164	18	172	23	144	18	170	23	1086	97
ing. gestionale	183	45	149	57	159	47	108	28	118	31	335	67
ing. informatica	166	15	129	12	120	12	115	8	110	10	459	40
ing. meccanica	263	19	231	9	215	5	204	10	211	8	989	47
ing. nucleare	17	2	11	1	0	0	13	1	16	4	90	19
ing. per l'amb. e il territorio	151	52	94	37	84	26	110	35	102	42	434	126
TOTALI →	1420	273	1204	230	1201	200	1122	208	1147	204	5582	800

NUMERO DI LAUREATI PER CORSO DI LAUREA NEGLI ULTIMI SETTE ANNI ACCADEMICI

Anno Accademico →	91-92	92-93	93-94	93-94 V.O.	94-95	94-95 V.O.	94-95 N.O.	95-96	95-96 V.O.	95-96 N.O.	96-97	96-97 V.O.	96-97 N.O.	97-98	97-98 V.P.	97-98 N.O.
↓ Corso di Laurea																
Ing. meccanica	87	109	33	4	100	18	87	60	62	90	43	90	43	144		
Ing. elettrotecnica	33	35	30		40		17		10		16					
Ing. chimica	45	46	69	13	41	29	45	46	23	42	9	42	9	47		
Ing. mineraria	14	22	14		14		23		7		7					
Ing. elettronica	266	343	344		342	34	285	75	148	74	109	74	109	118		
Ing. nucleare	15	17	19		11	4	11	19	9	18	2	18	2	13		
Ing. civile edile	126	114	99		112		136	22	81	57	71					
Ing. civile idraulica	16	10	20		15		21	12		5						
Ing. civile trasporti	17	10	24		16		27	16		12						
Ing. telecomunicazioni				9	17		32	41		62						
Ing. informatica				10	38		46	63		65						
Ing. elettrica				2	13		21	39		49						
Ing. edile					2		22	44		59						
Ing. ambiente e territorio					5		9	38		53						
Ing. gestionale							24	57		78						
Ing. civile								52		71						
TOTALI →	619	706	652	38	691	160	652	376	368	558	260	830				

legenda: V.O. = vecchio ordinamento, N.O. = nuovo ordinamento



L. 12.000 € 6,20

CB 2547

ISBN 88-491-1355-2



9 788849 113556