

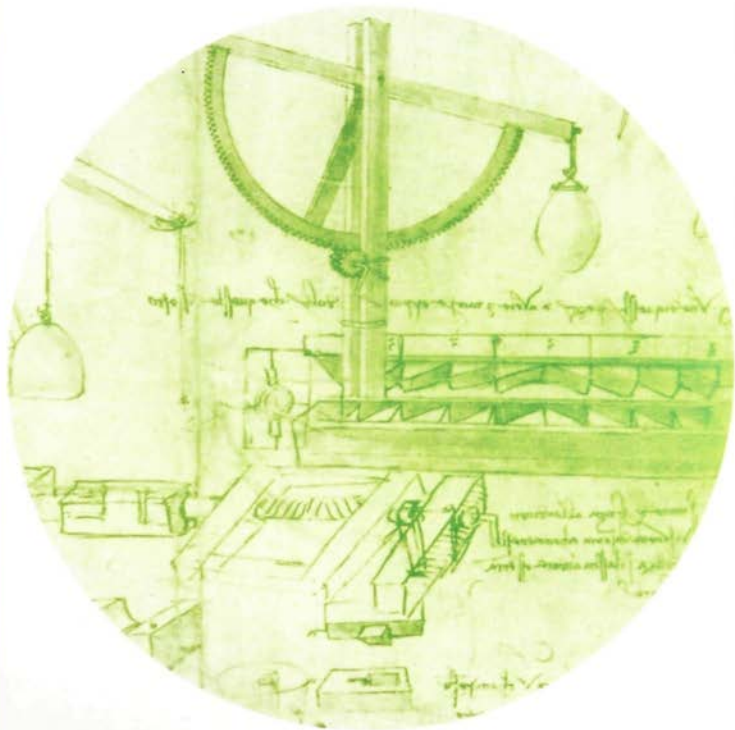
guida

dello studente

Università
degli studi
di Bologna



Facoltà di
Ingegneria



Anno accademico 1997-1998



pitagora

CARTOLERIA

**Strumenti
per il disegno**

*Testi
scientifici
specializzati*

MATERIALI PER LA

Grafica

PITAGORA con le sue due cartolerie situate in zona universitaria è in grado di offrire una gamma di articoli vasta e specializzata per l'Università.

Nel negozio di VIA SARAGOZZA 112 (Porta Saragozza) si trovano testi per le Facoltà di Ingegneria e Chimica Industriale, i fogli da disegno quadrati e tutto l'occorrente per il disegno tecnico.

In quello di VIA ZAMBONI 57 vi sono i testi per Matematica, Fisica, Geologia, Scienze Statistiche, Economia e Commercio, Astronomia, Informatica.

In entrambi i negozi si possono inoltre trovare quaderni e blocchi per appunti di tutti i tipi oltre a tutto quanto occorre per scrivere (stilografiche, penne a sfera, ecc.), calcolatrici tascabili e dischetti per computer, schedari e schede, tutti gli articoli di cartoleria compresi alcuni simpatici oggetti come gli stemmi autoadesivi delle Facoltà o i quaderni con lo stemma dell'Università.

VIA ZAMBONI 57 • r

VIA SARAGOZZA 112

PER LA PUBBLICITÀ SULLA GUIDA DELLO STUDENTE

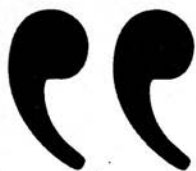
RIVOLGERSI A:

Publiapi

Publicità e Marketing - Via Castiglione, 132 - 40136 Bologna - ☎ 051-581151 - Fax 581287

**Concessionaria esclusiva
per la pubblicità
PUBLIAPI**

**Via Castiglione, 132
40136 Bologna - Tel. (051) 581151 - Fax (051) 581287**



CLUEB NOVITÀ

P.A. Vesilind, J.J. Peirce, R.F. Weiner
Ingegneria Ambientale
pp. XVIII-684

L. Bruzzi, G. Dominici, R. Mele, L. Mingozzi
Guida alla risoluzione di problemi di impatto ambientale
pp. VI-128

L. Bruzzi
Prevenzione e controllo nell'impatto ambientale. Criteri e metodi, tecnologie e processi, procedure e normative
pp. XIV-542

L. Morselli
Siti contaminati. Procedure di controllo e di bonifica, verso una procedura standardizzata
pp. 300

G.C. Carloni
Il Vaiont trent'anni dopo. Esperienza di un geologo
pp. 112

L. Simoni
Resistenza alle sollecitazioni dei materiali isolanti elettrici
pp. 164

L. Simoni
Proprietà dielettriche e scarica dei materiali isolanti elettrici
pp. 192

C. Modonesi
La Professione di Ingegnere
pp. 384



Cooperativa
Libreria
Universitaria
Editrice Bologna

Via Marsala 24
40126 Bologna
Tel. 051 22 07 36
Fax 051 23 77 58 www.omega.it/CLUEB



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA

GUIDA DELLO STUDENTE
PER LA FACOLTÀ DI
INGEGNERIA

Anno Accademico 1997-1998

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
BIBLIOTECA CENTRALE
INV. N° 14365



AB GUIDE 1997

© 1977 by CLUEB

Cooperativa Libreria Universitaria Editrice Bologna

ISBN 88-8091-546-0

CLUEB

Cooperativa Libreria Universitaria Editrice Bologna
40126 Bologna - Via Marsala 24
Tel. 051 220736 - Fax 051 237758

Finito di stampare nel mese di ottobre 1997 in Bologna
dalla Cooperativa Libreria Universitaria Editrice

Copertina/grafica: Studio Origoni e Steiner

PREMESSA

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.

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

IL PRESIDE

Prof. Ing. Arrigo Pareschi

INDICE

| | <i>pag.</i> |
|---|-------------|
| Informazioni generali | 9 |
| Regolamento didattico della Facoltà | 12 |
| Tutorato | 26 |
| Strutture didattico-scientifiche | 27 |
| Normativa di segreteria | |
| 1) Immatricolazione | 34 |
| 2) Ammissione di stranieri, e di italiani in possesso di titoli stranieri | 35 |
| 3) Norme generali relative alla carriera scolastica | |
| a) Validità dell'anno e attestazione di frequenza | 37 |
| b) Insegnamenti a scelta dello studente | 37 |
| c) Esami di profitto | 37 |
| d) Esami di laurea | 38 |
| 4) Nuovo ordinamento didattico e carriera scolastica..... | 39 |
| 5) Trasferimenti | |
| a) ad altra Università (congedi) | 40 |
| b) da altra Università | 40 |
| c) da altra Facoltà o C.d.l., nell'Università di Bologna | 40 |
| d) da altra Facoltà di ingegneria o da altro C.d.l. della Facoltà | 41 |
| 6) Piani di studio individuali | 43 |
| 7) Rilascio di attestazioni e certificati | 44 |
| 8) Dispensa dalle tasse e assegno di studio | 45 |
| 9) Rinvio del servizio militare | 46 |
| Dati statistici | 47 |
| Ordine degli studi per l'anno accademico 1997-1998: | |
| 1) Calendario delle lezioni | 49 |
| 2) Calendario degli esami di profitto | 49 |

| | <i>pag.</i> |
|--|-------------|
| 3) Calendario degli esami di laurea | 50 |
| 4) Manifesto degli studi dei Corsi di laurea | |
| Ingegneria chimica | 51 |
| Ingegneria civile | 52 |
| Ingegneria delle telecomunicazioni | 57 |
| Ingegneria edile | 58 |
| Ingegneria elettrica | 60 |
| Ingegneria elettronica | 62 |
| Ingegneria gestionale (sede di Bologna) | 65 |
| Ingegneria informatica | 67 |
| Ingegneria meccanica | 69 |
| Ingegneria nucleare | 72 |
| Ingegneria per l'ambiente e il territorio | 73 |
| Ingegneria gestionale (sede di Reggio Emilia) | 76 |
| Elenco degli Insegnamenti | 77 |
| Note esplicative sui corsi di laurea e loro indirizzi e orientamenti | |
| Ingegneria chimica | 88 |
| Ingegneria civile | 89 |
| Ingegneria edile | 90 |
| Ingegneria elettrica | 91 |
| Ingegneria del settore dell'informazione (generalità) | 92 |
| Ingegneria delle telecomunicazioni (settore dell'informazione) | 93 |
| Ingegneri a elettronica (settore dell'informazione) | 94 |
| Ingegneria informatica (settore dell'informazione) | 96 |
| Ingegneria gestionale | 97 |
| Ingegneria meccanica | 99 |
| Ingegneria nucleare | 101 |
| Ingegneria per l'ambiente e il territorio | 103 |
| Programmi d'insegnamento: | |
| Ingegneria chimica | 106 |
| Ingegneria civile | 146 |
| Ingegneria edile | 218 |
| Ingegneria elettrica | 248 |
| Ingegneria meccanica | 286 |
| Ingegneria nucleare | 337 |
| Ingegneria per l'ambiente e il territorio | 364 |
| Ingegneria gestionale (sede di Bologna) | 410 |
| Ingegneria gestionale (sede di Reggio Emilia) | 435 |
| Ingegneria del settore dell'informazione corsi di laurea in ingegneria delle telecomunicazioni, in ingegneria elettronica, in ingegneria informatica | 457 |

INFORMAZIONI GENERALI

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

Preside: prof. Arrigo Pareschi

Servizi generali:

- presidenza, viale Risorgimento 2 - CAP 40136 tel. 051-6443735
..... fax 051-6443604
- 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
- portineria di viale Risorgimento 2 - CAP 40136 tel. 051-6443730
- portineria di via Saragozza 8 - CAP 40123 tel. 051-6443834
- segreteria di Facoltà, via Saragozza 8..... tel. 051-6443790
..... fax 051-6443792
- e-mail segreteria Facoltà: segrfac@presing.ing.unibo.it

Strutture con riferimenti didattico-disciplinari alla facoltà:

DAPT tel. 051-6443155
(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

DICASM tel. 051-6443201
(Dipartimento di chimica applicata e scienza dei materiali)
direttore: prof. Piero Manaresi
e-mail: dichiasm1@ingbo1.cineca.it
..... fax 051-6443218
segretario amministrativo: dr. Sebastiano Manno

DEIS tel. 051-6443001
(Dipartimento di elettronica, informatica e sistemistica)
direttore: prof. Gabriele Falciaesca
e-mail: org@deis.unibo.it
..... fax 051-6443073
segretario amministrativo: dr. Anna Maria Sacchetti

- DICMA tel. 051-6443135
 (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
- DIEM tel. 052-6443431
 (Dipartimento di ingegneria delle costruzioni meccaniche,
 nucleari, aeronautiche e di metallurgia)
 direttore: prof. Sergio Curioni
 e-mail: ferper@iris.ingfo.unibo.it
 fax 051-6443439
 segretario amministrativo: dr. Luigia Di Pumpo
- DISTART tel. 051-6443490
 (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 051-6443495
 segretario amministrativo: dr. Lorenza Pucci
- DIE tel. 051-6443561
 (Dipartimento di ingegneria elettrica)
 direttore: prof. Ugo Reggiani
 e-mail: elettrot5@ingbo1.ing.unibo.it
 fax 051-6443588
 segretario amministrativo: dr. Massimo Alberghini
- DIENCA tel. 051-6443281
 (Dipartimento di ingegneria energetica, nucleare e del
 controllo ambientale)
 direttore: prof. Sandro Salvigni
 e-mail: fistec6@ingbo1.ing.unibo.it
 fax 051-6443296
 segretario amministrativo: dr. Carla Zanni
- 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. 051-354402
direttore: prof. Mirella Manaresi
e-mail: post@dm.unibo.it

..... fax 051-354490
segretario amministrativo: dr. Bianca Maria Angeloni

CIEG tel. 051-6443846
(Centro di studi di ingegneria economico-gestionale)

direttore: prof. Andrea Zanoni
e-mail: azanoni@ingbol.ing.unibo.it

..... fax 051-6443849

CIRAM tel. 051-6443770
(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 ai 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», regola 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

Per gli anni accademici 1996-97 e 1997-98 valgono le norme di sbarramento deliberate dai Consigli di Corso di diploma universitario e indicate nei manifesti degli studi.

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
- 2) ingegneria civile
- 3) ingegneria delle telecomunicazioni

- 4) ingegneria edile
- 5) ingegneria elettrica
- 6) ingegneria elettronica
- 7) ingegneria gestionale (sede di Bologna)
- 8) ingegneria gestionale (sede di Reggio Emilia)
- 9) ingegneria informatica
- 10) ingegneria meccanica
- 11) ingegneria nucleare
- 12) ingegneria per l'ambiente e il territorio

L'ordinamento didattico dei Corsi di laurea è regolamentato dalla L. 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 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 inoltro 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.

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 (nella forma teledidattica)
- 8) in ingegneria logistica e della produzione (nella 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 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 ricorrano 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 né sul voto di laurea né 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 sostenere 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 compartecipati 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.

La votazione finale riassume 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 vistare 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.

TUTORATO

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

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

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

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

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

Fac-simile del modulo di richiesta per il tutorato:

All'attenzione del Preside della Facoltà di ingegneria

Il/la sottoscritto/a
 nato/a a il
 titolare di diploma di maturità
 iscritto/a all'anno
 del Corso di laurea in ingegneria
 nell'anno accademico 1997-1998

chiede

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

1)

2)

Con ossequio

Bologna,

**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
 Architettura tecnica I
 Architettura tecnica II
 Caratteri distributivi e costruttivi degli edifici
 Composizione e progettazione urbana
 Disegno
 Disegno II
 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 II
 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
 Architettura dei sistemi integrati
 Automazione e organizzazione sanitaria
 Automazione industriale
 Bioingegneria I
 Bioingegneria II
 Bioingegneria III
 Calcolatori elettronici I
 Calcolatori elettronici II
 Campi elettromagnetici
 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 dei sistemi digitali
Elettronica dello stato solido
Elettronica industriale
Fondamenti di informatica
Fondamenti di informatica I
Fondamenti di informatica II
Ingegneria del software
Ingegneria e tecnologie dei sistemi di controllo
Intelligenza artificiale
Linguaggi e traduttori
Microelettronica
Microonde
Ottimizzazione combinatoria
Progetto di circuiti a microonde
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 sistemi

DI.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

Elementi di termodinamica dell'Ingegneria chimica

Fondamenti di chimica industriale

Geologia

Geologia 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

Teoria dello 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)

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

Conversione statica dell'energia

Economia applicata all'Ingegneria

Economia ed organizzazione aziendale

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 ed 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

Tecnica delle alte tensioni

D.I.E.M.**(DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE, NUCLEARI, AERONAUTICHE E DI METALLURGIA)**

Analisi sperimentale delle tensioni

Costruzione di macchine

Costruzione di macchine II

Costruzione di macchine automatiche e robot

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 dei robot
 Meccanica delle vibrazioni
 Metodi matematici per i reattori nucleari
 Misure meccaniche, termiche e collaudi
 Organizzazione della produzione e dei sistemi logistici
 Progetti di macchine
 Progetti e costruzioni nucleari
 Servizi generali di impianto
 Strumentazione e automazione 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
 Energetica e sistemi nucleari
 Fisica nucleare
 Fisica tecnica
 Fisica tecnica ambientale
 Fondamenti di fisica dei reattori a fissione e a fusione
 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
 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 strade, ferrovie e aeroporti

Costruzioni di strade, ferrovie e aeroporti II
Costruzioni idrauliche
Costruzioni in zona sismica
Costruzioni marittime
Dinamica delle strutture
Fondamenti di infrastrutture viarie
Fotogrammeria
Geofisica applicata
Geologia
Geotecnica
Gestione delle risorse idriche
Idraulica
Idrologia
Idrologia II
Impianti speciali idraulici
Ingegneria sanitaria ambientale
Meccanica computazionale delle strutture
Meccanica dei fluidi
Misure e controlli 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, dei modelli 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 progetto delle costruzioni in acciaio
Teoria e progetto dei ponti
Teoria e tecnica della circolazione
Terminali e impianti dei trasporti
Topografia
Topografia II

DIPARTIMENTO DI FISICA

Fisica generale I
Fisica generale II

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA

Analisi matematica I
Analisi matematica II
Analisi matematica III
Calcolo numerico e programmazione numerica
Geometria e algebra
Meccanica razionale
Modelli 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

NORMATIVA DI SEGRETERIA

Responsabile: dott. Antonella Nanni

1. - Immatricolazione studenti italiani

A — Titoli di ammissione

Ai sensi dell'art. 1 della Legge 11/12/1969, n. 910 possono iscriversi a qualsiasi corso di laurea:

a) i diplomati degli Istituti di istruzione secondaria di secondo grado di durata *quinquennale* (ivi compresi i licei linguistici riconosciuti per legge ed i corsi speciali quinquennali previsti dalla legge che autorizza la sperimentazione negli istituti professionali);

b) i diplomati degli istituti magistrali e dei licei artistici che abbiano frequentato, con esito positivo, gli appositi corsi integrativi annuali organizzati in ogni provincia dai Provveditorati agli Studi.

— Termini

dal 20 luglio al 15 ottobre

— Ubicazione ed orari degli sportelli (tutti i giorni escluso sabato)

— Segreterie di Facoltà: Via Saragozza, 8 - dalle ore 9.30 alle 11.30

— Sportello bancario: Via Zanolini, 3 - dalle ore 9 alle 12

— Azienda comunale per il diritto allo studio: Via Belle Arti, 42 - dalle ore 9 alle 12 (martedì e giovedì dalle ore 15 alle 17).

— Modalità

a) presentarsi con 2 marche da bollo allo sportello bancario di Via Zanolini, 3; pagare la prima rata di tasse (ovvero la quota ridotta per chi chiede l'esenzione dalle tasse scolastiche o l'assegno di studio previa esibizione della ricevuta rilasciata dall'Azienda comunale per il diritto allo studio o la parziale esenzione per chi abbia conseguito la maturità con il punteggio di 60/60);

b) compilare accuratamente i moduli rilasciati dallo sportello bancario applicando le marche da bollo negli appositi spazi;

c) consegnare allo sportello della segreteria:

— i moduli di cui sopra, la ricevuta della domanda di assegno di studio o la domanda di esenzione per i 60/60;

— diploma originale di maturità ovvero per i diplomati anteriormente al 90 certificato sostitutivo a tutti gli effetti del diploma e dichiarazione rilasciata dall'Istituto attestante l'impossibilità di rilasciare il diploma originale; i diplomati nel '93 potranno presentare un certificato che dovrà essere sostituito nel corso dell'anno, e comunque prima di sostenere esami, con il titolo originale. I certificati rilasciati da Istituti non statali fuori dalla Provincia di Bologna devono essere legalizzati dai competenti Provveditorati agli Studi;

— tre fotografie formato tessera, una delle quali deve essere autenticata su carta bollata dalla autorità competente (segretario comunale, notaio, etc.) con l'indicazione di tutti i dati anagrafici (nome, cognome, data e luogo di nascita, cittadinanza e residenza).

N.B. Si prega di controllare che tutti i dati anagrafici (ed in particolare il nome o i nomi propri) che figurano sul diploma corrispondano esattamente a quelli riportati nell'autentica della fotografia. In caso contrario presentare alla Segreteria un estratto dell'atto di nascita ed una dichiarazione attestante che non esistono omonimi rilasciate dal Comune di nascita.

B — Immatricolazione per il conseguimento di un secondo titolo accademico

I laureati o Diplomati presso le scuole dirette a fini speciali che intendano iscriversi per il conseguimento di altra laurea o diploma sono tenuti a seguire le medesime modalità indicate al punto 1. tenendo conto che non possono usufruire di alcuna forma di esenzione dalle tasse e che sono tenuti a presentare anche un certificato di laurea o diploma, contenente l'indicazione delle votazioni riportate nei singoli esami di profitto, in bollo da L. 4.000 (i laureati o diplomati presso l'Università di Bologna potranno omettere la presentazione di tale documento in quanto verrà richiesto d'ufficio).

N.B. I soli laureati o diplomati dell'Università degli Studi di Bologna e dell'I.S.E.F. di Bologna che conseguono il titolo nella sessione autunnale potranno immatricolarsi anche dopo il termine del 15/10 ma comunque improrogabilmente entro il 31 dicembre.

C — Iscrizioni ad anni di corso successivi al primo

— Termini

dal 20 luglio al 15 ottobre iscrizioni in corso e condizionate

dal 20 luglio al 31 dicembre iscrizioni fuori corso

— Documenti da presentare alla Segreteria

a) domanda di iscrizione redatta sugli appositi stampati (in distribuzione nell'atrio delle Segreterie) debitamente bollati negli appositi spazi (domanda iscrizione - domanda ammissione esami)

b) libretto di iscrizione

c) attestazione del versamento della prima rata di tasse

oppure ricevuta rilasciata dall'Azienda Comunale per il diritto allo studio per coloro che abbiano presentato domanda di esonero dalle tasse scolastiche e/o di assegno di studio universitario

oppure domanda di parziale esenzione (non collegata alle condizioni economiche) per coloro che essendo in pari con gli esami degli anni precedenti abbiano conseguito o stiano conseguendo una media non inferiore a 28/30 negli esami previsti per l'anno accademico precedente

oppure domanda di semiesonero per i figli di cittadini italiani stabilmente residenti all'estero per motivi di lavoro e per i cittadini stranieri borsisti del Governo italiano.

2. - Ammissione di studenti stranieri, e di cittadini italiani in possesso di titoli di studio conseguiti all'estero

— Disposizioni generali

I cittadini stranieri che intendono ottenere l'immatricolazione presso una Università italiana devono presentare la seguente documentazione alle Rappresentanze diplomatiche

o consolari italiane del Paese ove risiedono od ove hanno conseguito il titolo entro il termine perentorio del *15 Aprile* (prorogato al 30 giugno per stranieri extra-comunitari dimoranti in Italia):

- a) domanda di preiscrizione alla Università prescelta (indicando almeno quattro sedi in ordine preferenziale) contenente l'esatta indicazione del corso di laurea o diploma che intendono intraprendere
- b) documento di identità personale, tradotto, legalizzato e autenticato con applicata la propria fotografia
- c) 2 fotografie formato tessera uguali a quella applicata al documento di identità
- d) originale e copia del titolo di studio utile per l'ammissione all'Università
- e) dettagliato curriculum degli studi seguiti
- f) dichiarazione di essere disposti a rientrare nel Paese di residenza alla scadenza del visto rilasciato per motivi di studio.

I cittadini italiani in possesso di titoli di studio conseguiti all'estero, validi per l'ammissione alle Università italiane, sono tenuti a presentare direttamente all'atto dell'immatricolazione (entro e non oltre il *15 Ottobre*) oltre agli altri documenti prescritti il titolo di studio debitamente tradotto, legalizzato e sul quale sia riportata la dichiarazione del valore ai fini delle immatricolazioni alle Università.

— Norme di ammissione

Essendo stato preventivamente stabilito un determinato contingente di posti per ogni corso di laurea o diploma, per essere ammessi alle Università italiane, gli studenti stranieri dovranno superare una prova di ammissione tendente ad accertare sia la conoscenza linguistica sia la preparazione culturale necessarie per intraprendere gli studi nel corso di laurea richiesto. La Facoltà di Ingegneria ha stabilito un contingente di 40 posti. *La prova di ammissione è fissata per settembre 1996.*

Coloro che non si presentassero alla prova ovvero non la superassero non potranno ottenere l'iscrizione né potranno ripetere la prova stessa se non nell'anno accademico successivo, previa ripresentazione della documentazione sopra citata.

— Studenti che non entrano nel contingente dei posti disponibili e che non devono sostenere la prova di ammissione

Gli studenti appartenenti alle sottoindicate categorie potranno presentare i documenti (se del caso tradotti e legalizzati) *direttamente entro il termine improrogabile del 15 ottobre*:

- a) cittadini stranieri che abbiano frequentato l'intero ciclo di studi secondari all'estero in Scuole pubbliche dove l'insegnamento sia impartito in lingua italiana (se il titolo è valido per l'ammissione alle Università)
- b) studenti che abbiano conseguito il diploma finale presso le Scuole tedesche in Italia, presso il Liceo francese «Chateaubriand» di Roma, presso il Liceo armeno «Moorat Raphael» o il Liceo spagnolo «Cervantes»
- c) studenti in possesso della maturità europea
- d) cittadini stranieri in possesso di titolo finale italiano (maturità o laurea)
- e) cittadini italiani in possesso di titolo di studio conseguito all'estero debitamente perfezionato dalla competente autorità diplomatico-consolare.

Gli studenti appartenenti alle sottoindicate categorie dovranno inoltrare le documentate istanze per il tramite delle competenti rappresentanze diplomatico-consolari italiane all'estero e *pervenire all'Università entro il 15 ottobre.*

a) Cittadini stranieri di nazionalità ma di madre lingua italiana (esempio, cittadini elvetici del Canton Ticino)

b) Cittadini stranieri assegnatari di borse di studio del Governo italiano o di Istituzioni ufficiali italiane che abbiano frequentato almeno per tre mesi un corso di lingua italiana presso l'Università per stranieri di Perugia o presso la Scuola di Lingua e cultura italiana per stranieri di Siena. I borsisti che non ritengano necessaria la frequenza di detti corsi dovranno sostenere la prova di conoscenza della lingua italiana presso l'Università scelta

c) Cittadini stranieri (e italiani) che chiedono il riconoscimento di laurea conseguita all'estero

d) Cittadini stranieri che chiedono l'iscrizione a corsi singoli.

N.B. In alcuni casi, a seconda della documentazione prodotta, è previsto il superamento della prova di conoscenza della lingua italiana o di cultura in sede locale.

3. - Norme generali relative alla carriera scolastica

a) Validità dell'anno ed attestazioni di frequenza

Nessun anno di iscrizione in corso è valido se lo studente non è iscritto ad almeno tre insegnamenti del proprio corso di studi. Le attestazioni di frequenza sono rilasciate d'ufficio.

b) Corsi liberi

A norma dell'art. 6 del Regolamento, lo studente iscritto in corso, oltre alle materie del proprio corso di laurea, può iscriversi — entro il 31 dicembre di ogni anno — a non più di due insegnamenti di altro corso di laurea della stessa Università (tali insegnamenti non vengono conteggiati ai fini della ammissione all'esame di laurea né nella media di laurea).

c) La domanda di ammissione agli *esami di profitto* per l'intero anno accademico è unificata a quella di immatricolazione o di iscrizione. Pertanto, entro il termine fissato per l'iscrizione dovrà essere presentata la predetta domanda che varrà per le tre sessioni d'esame dell'anno accademico.

Lo studente è tenuto a conoscere le norme dell'ordinamento didattico del proprio corso di laurea ed è responsabile dell'annullamento degli esami sostenuti in violazione di tali norme.

In particolare:

— per gli insegnamenti sdoppiati (cioè svolti da più docenti) dovrà sostenere l'esame davanti alla Commissione presieduta dal Docente titolare dell'insegnamento cui lo studente è tenuto ad iscriversi;

— non può ripetere un esame già sostenuto con esito favorevole;

— lo studente riprovato non può ripetere l'esame nella medesima sessione;

— per ogni riprovazione lo studente è tenuto al pagamento della tassa di ripetizione;

— gli esami di profitto non possono essere sostenuti più di due volte nelle sessioni del medesimo anno accademico (ivi compreso l'appello invernale: gennaio-marzo);

— gli esami sostenuti in violazione delle norme che regolano le propedeuticità stabilite dallo Statuto saranno annullati;

— nell'appello invernale d'esami non possono essere sostenuti più di due esami di

profitto (oltre a quello di laurea). Questa limitazione non si applica agli studenti fuori corso da almeno un anno.

d) Esami di laurea

Le domande di ammissione agli esami di laurea o diploma devono essere presentate entro i seguenti termini:

- Sessione Estiva 15 maggio
- Sessione Autunnale 15 settembre
- Appello Invernale 15 gennaio

Tali scadenze sono improrogabili in quanto l'ammissione all'esame di laurea richiede il controllo dell'intera carriera scolastica.

Per la documentazione rivolgersi alla Segreteria di Facoltà.

Modalità per essere ammessi a sostenere l'esame di laurea:

— entro i termini sopraindicati dovranno essere presentati in Segreteria

a) domande redatte sugli appositi stampati intese ad ottenere l'ammissione all'esame di laurea, il rilascio del diploma di laurea e la restituzione del diploma di maturità.

b) ricevuta del versamento della soprattassa esame di laurea e di rilascio della pergamena da effettuarsi presso l'Esattoria Universitaria o presso un qualsiasi ufficio postale;

c) ricevuta del versamento della tassa erariale di laurea da pagarsi presso qualsiasi ufficio postale sul c/c/p. n. 1016 intestato all'Ufficio del Registro - Concessioni Governative - Tasse scolastiche - Roma;

d) l'argomento della tesi di laurea, trascritto su apposito modulo e firmato dal Relatore.

N.B. Gli studenti in corso (che si laureano entro le sessioni del quinto anno di corso) possono ottenere le seguenti esenzioni:

1) coloro che fruiscono dell'assegno di studio pagano la sola indennità di pergamena;

2) coloro che aspirano all'esonero per merito dovranno presentare domanda in carta semplice, indirizzata al Magnifico Rettore e vistata dall'Ufficio Assistenza, unitamente alle domande di laurea. Provvisoriamente corrisponderanno la sola indennità di pergamena fino all'accertamento delle condizioni richieste;

3) l'esonero dalla tassa erariale a domanda per coloro che posseggono un reddito non superiore a tre volte i limiti fissati dalla legge n. 41/1986 (finanziaria) e conseguano una votazione di laurea non inferiore a 90/100;

4) coloro che fruiscono dell'esonero dalle tasse e soprattasse di iscrizione ai sensi della legge n. 41/1986 sono altresì esentati dalla soprattassa di laurea.

— almeno 20 giorni prima della data fissata per l'esame di laurea il candidato dovrà presentare in Segreteria:

a) 3 (tre) copie del frontespizio della dissertazione di laurea (riproduzione su foglio bianco della copertina) una delle quali firmata dal Relatore;

b) il libretto di iscrizione completo di tutti gli esami previsti per l'ammissione all'esame di laurea;

c) dichiarazione rilasciata dalla Biblioteca Universitaria (Via Zamboni, 35) attestante che lo studente non ha alcun obbligo nei confronti della stessa;

— il giorno dell'esame di laurea il candidato è tenuto a presentare alla Commissione esaminatrice una copia della dissertazione di laurea firmata dal Relatore.

4. - Nuovo ordinamento didattico e carriera scolastica

La durata degli studi per il conseguimento della Laurea in Ingegneria è di cinque anni.

Potranno ottenere l'iscrizione ai Corsi di Laurea in Ingegneria coloro che siano in possesso di diploma di maturità quinquennale (o quadriennale purché abbiano frequentato, con esito positivo, un corso annuale integrativo), chiunque sia in possesso di altra laurea e, nei limiti e con le modalità previste dalle vigenti disposizioni, a coloro che siano in possesso di valido titolo di studio conseguito all'estero.

Lo studente per ottenere l'iscrizione al:

— secondo anno di corso dovrà avere superato almeno due annualità d'esami del primo anno;

— terzo anno di corso dovrà avere superato almeno tutti gli esami del primo anno;

— quarto anno di corso dovrà avere superato almeno tutti gli esami del primo e del secondo anno;

— quinto anno di corso dovrà avere superato tutti gli esami del primo anno e del secondo anno e gli esami relativi ad almeno sei annualità del terzo e quarto anno;

(gli insegnamenti semestrali valgono mezza annualità).

Lo studente dovrà inoltre superare, entro i primi tre anni di corso, una prova di conoscenza pratica e comprensione della lingua inglese.

Lo studente che non superi il numero minimo d'esami previsto sarà iscritto in qualità di fuori corso.

Gli studenti che abbiano seguito il corso di studi per l'intera sua durata senza avere preso iscrizione e frequentato tutti gli insegnamenti prescritti per l'ammissione all'esame di laurea dovranno iscriversi in qualità di ripetenti per gli insegnamenti mancanti di iscrizione o frequenza.

Per essere ammesso all'esame di laurea lo studente dovrà aver seguito i corsi e superato gli esami relativi ad un minimo di 29 annualità per tutti i Corsi di Laurea.

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

Con l'entrata in vigore del nuovo ordinamento didattico e l'attivazione dei soli primi due o tre anni di corso, considerato che solamente gli studenti già iscritti potranno portare a termine gli studi secondo il preesistente ordinamento, gli studenti in trasferimento da corsi di laurea diversi da quello di destinazione, gli studenti che si immatricolano per il conseguimento di una seconda laurea, gli studenti che chiedono una abbreviazione di corso sulla base di titoli accademici (o assimilabili) italiani o stranieri potranno essere ammessi ad un anno di corso non superiore a quelli attivati secondo il nuovo ordinamento per il corso di laurea scelto.

Gli studenti che chiedono il riconoscimento di titoli accademici conseguiti all'estero e non ottengano il riconoscimento senza obblighi di esami, saranno ammessi ad un anno di corso non superiore a quelli attivati secondo il nuovo ordinamento per il corso di laurea scelto.

Gli studenti iscritti secondo il preesistente ordinamento potranno optare (con domanda) per il nuovo alle condizioni fissate dalle autorità accademiche sulla base delle quali

il curriculum già seguito sarà reso compatibile con quello previsto dal nuovo ordinamento.

Gli studenti iscritti secondo il preesistente ordinamento potranno altresì chiedere (con domanda ai sensi della L. 910/69) di proseguire gli studi optando solamente per l'applicazione delle nuove regole di superamento degli sbarramenti.

Le opzioni non potranno essere revocate.

5. - Trasferimenti ad o da altre Università o Facoltà o Corsi di Laurea

a — *Trasferimento ad altra Università (congedi)*

Lo studente può trasferirsi ad altra Università nel periodo dal 20 luglio al 31 dicembre.

La domanda di trasferimento, redatta su appositi stampati debitamente bollati e indirizzata al Magnifico Rettore, deve essere accompagnata dal libretto di iscrizione.

Non può ottenere il trasferimento lo studente non in regola col pagamento delle tasse, soprattasse e contributi.

A partire dalla data di presentazione della domanda di trasferimento non è più consentito sostenere alcun esame di profitto.

Gli studenti trasferiti ad altra Università non possono far ritorno all'Università di Bologna prima che sia trascorso un anno solare dalla data del rilascio del foglio di trasferimento.

b — *Trasferimento da altra Università.*

Premesso che il foglio di congedo, unitamente al titolo di scuola media superiore, viene trasmesso d'ufficio all'Università di Bologna dall'Università dalla quale si trasferisce, lo studente deve provvedere ai seguenti adempimenti amministrativi:

- a) domanda indirizzata al Magnifico Rettore dell'Università di Bologna per la prosecuzione degli studi e la eventuale convalida della precedente carriera scolastica, da presentarsi entro il 31 dicembre, sugli appositi stampati bollati.
- b) fotografia autenticata su carta legale;
- c) scheda statistica debitamente compilata in tutte le sue parti;
- d) ricevuta del versamento delle tasse di conguaglio (da richiedersi in Segreteria), se lo studente è già iscritto presso l'Università di provenienza, o della I rata di tasse di iscrizione in caso diverso;
- e) domanda indirizzata al Consiglio di Facoltà, redatta su apposito modulo.

c — *Passaggio da altra Facoltà o Corso di Laurea, presso l'Università di Bologna.*

Coloro che, iscritti ad un corso di laurea o diploma, intendono passare ad altro corso di studi, devono farne domanda al Rettore, su appositi stampati, dal 1° agosto *entro e non oltre il 31 dicembre.*

Alla domanda vanno allegati:

- a) domanda di iscrizione per il nuovo A.A.
- b) quietanza del pagamento delle tasse e contributi dovuti per il corso di studi in cui lo studente si trova iscritto alla data della domanda;
- c) libretto d'iscrizione.

Lo studente, ottenuto il passaggio, deve provvedere, entro lo stesso termine del 31 dicembre, a presentare domanda al Rettore, presso la Segreteria della Facoltà nella quale

ha chiesto di trasferirsi, su appositi stampati.

Per quanto riguarda i documenti da produrre egli sarà dispensato dal presentare quelli già acquisiti agli atti della Segreteria al momento della sua prima iscrizione.

Allo studente trasferito può essere concessa l'iscrizione ad anni successivi al primo del nuovo corso di studi, su parere della Facoltà, in base agli insegnamenti precedentemente seguiti e agli esami superati. Comunque, la durata complessiva degli studi, tenuto conto degli anni già seguiti nel corso di provenienza, non può essere inferiore a quella prescritta per il corso al quale lo studente fa passaggio.

In relazione alla validità dei piani di studio autonomi, predisposti a norma dell'art. 2 della legge 11 dicembre 1969, N. 910, nei casi in cui lo studente chieda ed ottenga ai sensi dell'art. 9 del Regolamento 4 giugno 1938, n. 1269, il trasferimento da una sede universitaria all'altra, poiché titolare del potere di approvazione, modifica o rigetto dei piani di studio autonomi è il Consiglio di Corso di Laurea, la valutazione già espressa circa i piani di studio non può ritenersi vincolante per i corrispettivi organi della sede universitaria della Facoltà dello stesso Ateneo presso la quale lo studente ottenga il trasferimento.

Pertanto, fatti salvi gli insegnamenti per i quali, alla stregua del piano di studio autonomo, lo studente abbia superato i relativi esami, deve intervenire una nuova pronuncia, sul piano stesso, da parte del Consiglio di Corso di Laurea della nuova sede universitaria. Tale pronuncia può, ovviamente, consistere nella conferma o nella modifica del precedente piano in rapporto alla diversa esigenza della Facoltà ricevente.

Pertanto gli studenti provenienti da altre Università, Facoltà o Corsi di laurea dello stesso Ateneo, debbono, prima di essere ammessi agli esami di profitto, attendere le decisioni della competente Facoltà che dovrà deliberare circa il piano di studio che gli studenti suddetti sono tenuti a seguire presso questa Università.

Le domande di piano di studio individuale presentate da studenti in trasferimento saranno accettate sotto la condizione che esso non sia in contrasto con la delibera di ammissione da parte del Consiglio di Corso di Laurea.

d — Alcune norme particolari riguardanti i piani di studio degli studenti provenienti da altra Facoltà di Ingegneria o da altro corso di Laurea della Facoltà.

a) Gli studenti che intendono proseguire i loro studi presso la Facoltà provenendo da altra Facoltà di Ingegneria o passare da un Corso di laurea ad un altro della Facoltà devono adeguarsi in tutto al nuovo Statuto della Facoltà, in relazione al quale sarà convalidata la carriera scolastica comune già seguita e decisa l'iscrizione ai diversi anni di corso e l'ammissione ai singoli esami.

In particolare non potranno essere iscritti al triennio o sostenere i relativi esami studenti che non abbiano assolto gli obblighi a tali fini previsti dallo Statuto della Facoltà, ad eccezione degli studenti la cui carriera già seguita non prevedeva esami sbarranti specifici del Corso di laurea, previsti invece dallo Statuto di questa Facoltà, ai quali è consentito di sostenere gli esami del primo ciclo del terzo anno prima di aver superato gli esami in questione, sempreché abbiano superato gli esami previsti dallo Statuto di questa Facoltà per l'iscrizione al terzo anno.

La stessa norma vale anche per i passaggi fra differenti Corsi di laurea.

Gli esami di profitto, anche di insegnamenti in comune a più Corsi di Laurea, debbono essere sostenuti presso il Corso di Laurea cui lo studente risulti regolarmente iscritto.

Gli studenti provenienti da trienni di altre Facoltà di Ingegneria, che non abbiano ancora adempiuto agli obblighi stabiliti dallo Statuto della Facoltà di Ingegneria di Bologna, non potranno sostenere esami del triennio né ottenere iscrizione ad anni successivi di corso finché non abbiano superato gli esami sbarranti.

Nel caso di studenti di questa Facoltà che si siano trasferiti presso altra Sede e successivamente presentino domanda di reinscrizione ad un Corso di laurea della Facoltà di Ingegneria di Bologna, rimane immutata la carriera scolastica percorsa in precedenza presso questa Università e non si terrà conto di eventuali modifiche, adottate da Consigli di Facoltà di altra Sede, relative a dizioni di insegnamenti seguiti o di esami superati presso l'Università di Bologna.

b) Al fine del riconoscimento della carriera scolastica comune valgono le seguenti norme di convalida per attestazione di frequenza ed esame di insegnamenti seguiti presso altre Sedi salvo quanto eventualmente stabilito dai singoli Consigli di Corso di Laurea:

| Insegnamento seguito | | Convalidato per |
|---|------|--|
| Calcolo elettronico | | |
| Elementi di calcolo numerico e programmazione | 9730 | Fondamenti di informatica |
| Programmazione dei calcolatori elettronici | 7946 | Fondamenti di informatica II |
| Chimica applicata | | Chimica applicata (Meccanici e Ambiente) |
| | 1043 | Tecnologia dei materiali e chimica applicata |
| Chimica applicata ai materiali da costruzione | 1043 | Tecnologia dei materiali e chimica applicata |
| Disegno I | 1362 | Disegno |
| Disegno II (meccanici) | 1363 | Disegno di macchine |
| Geometria I | 9757 | Geometria e Algebra |
| Mineralogia | 5725 | Mineralogia e petrografia |
| Struttura della materia | 406 | Fisica atomica |
| Tecnologia dei materiali e chimica applicata | | Tecnologie di Chimica applicata |
| Tecnologia generale dei materiali | | Tecnologie di Chimica applicata (Minerari) |
| | 1043 | Tecnologia dei materiali e chimica applicata |

Gli insegnamenti di Analisi matematica I e II, Fisica I e II, Chimica, Geometria e Meccanica razionale sono comunque convalidati. Per gli altri corsi fondamentali, le attestazioni di frequenza sono comunque convalidate; la convalida degli esami è subordinata al

programma svolto nella Sede o Corso di Laurea di provenienza.

Eventuali equivalenze o sostituzioni tra insegnamenti di cui è stato sostenuto l'esame ed insegnamenti della futura carriera scolastica potranno essere riconosciute, su richiesta dell'interessato, solo all'atto del trasferimento o del cambiamento del corso. La stessa norma vale anche per coloro che si iscrivono essendo in possesso di altra Laurea. Nel caso di passaggi interni da un Corso di Laurea ad un altro, qualora non vi siano da stabilire equivalenze o convalide d'esami, la Segreteria della Facoltà è autorizzata a procedere d'ufficio, facendo obbligo ai richiedenti di uniformarsi integralmente al nuovo piano di studi.

6. - Piani di studio individuali

(Legge 11.13.1969 n. 910, Legge 30.11.1970 n. 924, D.P.R. 11.7.1980 n. 382).

Ai sensi dell'art. 2 della legge n. 910 e dell'art. 4 della legge n. 924, 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 nel numero degli insegnamenti stabiliti». Il termine per la presentazione, da parte degli studenti, dei piani di studio individuali è fissato al 31 dicembre.

Il piano è sottoposto all'approvazione del Consiglio di Corso di Laurea, che decide tenuto conto delle esigenze di formazione culturale e di preparazione professionale dello studente.

I piani di studio, avendo uno sviluppo pluriennale, potranno essere organizzati e seguiti, dopo la loro approvazione, sia per il corrente anno accademico che per quelli successivi fino al completamento del corso di laurea cui essi si riferiscono.

Nel caso che la Facoltà approvi con modifiche il piano di studio formulato dallo studente, quest'ultimo potrà, ove non ritenga di seguire il piano così approvato, scegliere quello previsto sulla base degli attuali ordinamenti didattici.

La facoltà per tutti gli studenti di modificare il piano di studio decorre dall'anno di corso cui si è iscritti e comprende anche gli esami dei quali si sia comunque in debito.

La liberalizzazione dei piani di studio è esercitabile nell'ambito delle discipline effettivamente insegnate nell'anno accademico purché sia rispettato il numero complessivo degli insegnamenti stabilito dal vigente ordinamento per l'ammissione all'esame di laurea.

Il piano va predisposto su un modulo in distribuzione presso le Segreterie alle quali va presentato dopo la compilazione, per l'inoltro al Consiglio di Corso di Laurea per la dovuta approvazione. Presupposto essenziale per la presentazione del piano di studio è la regolare iscrizione entro il 5 novembre per gli studenti in corso o entro il 31 dicembre per gli studenti fuori corso o in trasferimento.

Le decisioni delle Facoltà relative ai piani di studio autonomi vengono notificate agli studenti, a cura degli uffici di Segreteria mediante affissione, per trenta giorni, all'albo presso la Sede centrale.

Analogha procedura verrà seguita per tutte le comunicazioni ufficiali, di carattere collettivo, dirette agli studenti.

Criteria generali per l'applicazione delle leggi n. 910 e n. 924
(approvati dal C.d.F. in data 9 Gennaio 1976 e 28 Aprile 1978).

1. Ai sensi della Ministeriale N. 743 del 5 marzo 1970 «non è possibile concedere agli studenti la sostituzione di esami dei quali siano in debito con esami già superati negli anni decorsi».
2. Un solo insegnamento semestrale non può sostituire un insegnamento annuale.
3. Il numero di insegnamenti per anno di corso non può essere inferiore a quello previsto dal piano di studi ufficiale, se non al quinto anno.
4. E' possibile accettare l'anticipazione degli insegnamenti complementari, purché motivata.
5. Gli insegnamenti chiesti in sostituzione si collocano con gli stessi vincoli, nell'anno di corso in cui il piano di studi ufficiale colloca gli insegnamenti sostituiti.
6. Non è accettabile l'inserimento di insegnamenti i cui contenuti si sovrappongano a quelli di altri insegnamenti già previsti nel piano di studi dello studente.
7. Non è accettata la sostituzione di alcun corso con un insegnamento di lingue.
8. Il Consiglio di Corso di Laurea delibera sulle modifiche dei piani di studio sotto l'ovvia condizione che le dichiarazioni rilasciate dallo studente sul modulo di domanda siano *complete e veritiere*. Nel caso in cui esse siano errate in modo tale da implicare la necessità di una nuova delibera, la richiesta di modifica è respinta.

7. - Rilascio attestazioni e certificati

a) per ottenere il rilascio di certificati, lo studente deve inoltrare domanda redatta su appositi stampati indicando il tipo, la quantità e se occorrono in bollo od in carta semplice;

b) per ottenere il rinvio del servizio militare per motivi di studio, occorre presentare alla Segreteria, unitamente o successivamente alla domanda di iscrizione, apposita autocertificazione relativa agli esami sostenuti nell'anno solare precedente quello per il quale si chiede il rinvio. La Segreteria, previo controllo, attesterà la veridicità della dichiarazione e la rispondenza con quanto prescritto dal Ministero circa la quantità di esami da superare. Detto documento dovrà essere presentato al Distretto territorialmente competente unitamente alla domanda di rinvio;

c) per ottenere l'abbonamento ferroviario ridotto lo studente dovrà presentare alla Segreteria domanda, redatta in carta semplice sugli appositi stampati, che provvederà a certificare la posizione scolastica. Detto documento dovrà essere presentato alla stazione di partenza unitamente ad un certificato di residenza;

d) analogamente dovrà procedere per ottenere attestazioni da utilizzarsi per ottenere assegni famigliari, assistenza sanitaria o similari agevolazioni presentando poi l'attestazione all'ente erogatore (INPS, DPT, USL, etc.).

8. - Dispensa dalle tasse e assegno di studio

Per quanto riguarda l'assegno di studio universitario, la dispensa totale dalle tasse scolastiche ed altre provvidenze a favore degli studenti, si veda il dettagliato opuscolo pubblicato dall'Azienda Comunale per il Diritto allo Studio - Ufficio Interventi Individuali (Via Belle Arti, 42).

E' comunque necessario che lo studente sia in regola con il proprio piano di studi individuale o ufficiale.

Esami da sostenersi ai fini del conseguimento delle condizioni di merito richieste per l'assegno di studio universitario e per l'esonero dalle tasse

A) Per la **dispensa dalle tasse** occorre superare, con la media prescritta ed entro la sessione invernale, tutti gli esami previsti per l'anno di corso frequentato nell'anno accademico precedente; le matricole dovranno avere conseguito nella maturità una votazione non inferiore a 42/60.

B) Per ottenere l'**assegno di studio** le condizioni di merito sono le seguenti:

— **studenti che si iscrivono al I anno:** se hanno conseguito il titolo di studio valido ai sensi della legge 11 dicembre 1969 n. 910 per l'ammissione all'università da non più di due anni.

Gli studenti del I anno per incassare il saldo totale dell'assegno di studio debbono dimostrare di avere sostenuto **almeno due esami** entro l'anno accademico in corso (compresa la sessione invernale);

— **studenti che si iscrivono al II anno:** se abbiano superato **entro la sessione estiva** almeno due degli esami previsti dal piano di studi per l'anno accademico precedente. Tale numero di esami è elevato a tre qualora il numero minimo di esami fissato dal Consiglio di Facoltà ne preveda almeno sei;

— **studenti che si iscrivono ad anni successivi al II:** purché abbiano **completato, entro la sessione estiva**, un numero di esami (tra quelli previsti dal proprio piano di studio degli anni precedenti) corrispondente a quello stabilito ed almeno due di quelli previsti dal piano di studio per l'anno anteriore a quello cui si riferisce la domanda.

Tale numero di esami è elevato a tre qualora il piano di studi ne preveda almeno più di cinque.

Gli studenti che predispongono un piano di studi individuale devono attenersi integralmente al predetto piano, anche se questo comporta un numero di esami diverso da quello fissato nella Tabella sopra riportata.

C) Per ottenere l'esenzione dalle tasse di immatricolazione, iscrizione ed esami gli studenti che non si trovino nelle condizioni di disagio economico previsto dalla legge 41/1986 dovranno presentare direttamente alla Segreteria apposita istanza in carta semplice ed avere conseguito le seguenti condizioni di merito:

a) matricole iscritte al I anno di corso: 60/60 nell'esame di maturità

b) studenti iscritti in corso ad anni successivi: avere sostenuto tutti gli esami degli anni precedenti ed avere conseguito una media di almeno 28/30 in quelli previsti per l'anno immediatamente precedente.

Analogo tipo di esenzione otterranno gli studenti in corso che si trovino nelle condizioni economiche previste dalla legge 41/1986, tali condizioni verranno accertate dall'Ufficio Interventi Individuali al quale deve essere presentata documentata istanza, anche qualora non posseggano le sopraindicate condizioni di merito.

9. - Norme per il rinvio del servizio militare

La *domanda* per l'ammissione o la continuazione nel beneficio del ritardo della prestazione del servizio militare, deve essere presentata direttamente o tramite posta (con raccomandata R.R.) al Distretto Militare o all'Ufficio Leva della Capitaneria di Porto di appartenenza entro il 31 dicembre, possibilmente utilizzando l'apposito modulo pre-stampato ed allegando il certificato d'iscrizione e frequenza.

Il *ritardo* è concesso fino a:

- 26 anni per corsi aventi durata di 4 anni;
- 27 per corsi di 5 anni;
- 28 per quelli di più di 5 anni;
- fermo restando i limiti di età stabiliti, il ritardo può essere concesso per un periodo di tempo pari alla durata legale del corso di laurea aumentata di tre anni.

Per ottenere il beneficio del ritardo *si deve dimostrare*:

- al primo anno, la sola iscrizione ad un corso universitario di laurea o di diploma;
- al secondo anno, il superamento di almeno un esame previsto dal piano degli studi, nel corso dell'anno solare precedente a quello per il quale si chiede il rinvio;
- negli anni successivi, almeno due esami previsti dal piano degli studi (ridotto ad uno quando il piano di studi non ne prevede più di due per l'anno di corso interessato);
- per i laureandi o diplomandi, il completamento di tutti gli esami previsti dal piano degli studi e la mancanza del solo esame di laurea o di diploma da sostenere dopo il 31 dicembre.

Possono continuare a fruire del ritardo i giovani che:

- abbiano dovuto sospendere gli studi per un solo anno e per gravi ragioni, e che intendano riprenderli l'anno successivo;
- abbiano conseguito la laurea o il diploma ma debbano seguire corsi di specializzazione o sostenere esami di stato o di abilitazione per l'esercizio della professione.

Per maggiori informazioni rivolgersi direttamente ai Distretti Militari o agli Uffici Leva delle Capitanerie di Porto di appartenenza.

| CORSI DI LAUREA | PRIMO | | SECONDO | | TERZO | | QUARTO | | QUINTO | | FUORI C. | | TOTALE | |
|---|-------|-----|---------|-----|-------|-----|--------|-----|--------|-----|----------|-----|--------|------|
| | MF | F | MF | F | MF | F | MF | F | MF | F | MF | F | MF | F |
| 01 Ingegneria chimica | 65 | 18 | 82 | 28 | 54 | 26 | 68 | 45 | 62 | 25 | 167 | 46 | 528 | 158 |
| 02 Ingegneria civile | 121 | 16 | 139 | 29 | 163 | 18 | 174 | 30 | 133 | 23 | 345 | 59 | 1075 | 175 |
| 03 Ingegneria delle telecomunicazioni | 188 | 23 | 180 | 23 | 135 | 21 | 93 | 14 | 73 | 8 | 199 | 17 | 868 | 106 |
| 04 Ingegneria edile | 216 | 69 | 269 | 103 | 218 | 66 | 141 | 41 | 109 | 37 | 243 | 74 | 548 | 174 |
| 05 Ingegneria elettrica | 86 | 5 | 49 | 3 | 52 | 3 | 76 | | 63 | 5 | 171 | 7 | 527 | 23 |
| 06 Ingegneria elettronica | 223 | 33 | 314 | 30 | 276 | 31 | 261 | 19 | 219 | 24 | 518 | 61 | 1811 | 198 |
| 07 Ingegneria gestionale (Bologna) | 143 | 44 | | | 83 | 25 | 118 | 27 | 97 | 19 | 146 | 20 | 587 | 135 |
| 08 Ingegneria informatica | 172 | 25 | 206 | 22 | 151 | 11 | 115 | 4 | 120 | 12 | 324 | 33 | 1088 | 107 |
| 09 Ingegneria meccanica | 365 | 14 | 348 | 19 | 328 | 10 | 263 | 12 | 256 | 8 | 523 | 25 | 2083 | 88 |
| 10 Ingegneria nucleare | 17 | 2 | 19 | 3 | 43 | 13 | 23 | 1 | 13 | 4 | 56 | 13 | 171 | 36 |
| 11 Ingegneria per l'ambiente e il terr. | 196 | 56 | 167 | 60 | 131 | 53 | 129 | 40 | 65 | 20 | 128 | 39 | 866 | 268 |
| 18 Ingegneria gestionale (Reggio Emilia) | 137 | 29 | 119 | 17 | 100 | 20 | 60 | 8 | | | 27 | 2 | 443 | 76 |
| *20 Ingegneria informatica e automatica | 46 | 4 | 25 | 1 | 9 | 1 | | | | | 42 | 3 | 122 | 9 |
| *23 Ingegneria biomedica | 20 | 8 | 3 | 2 | | | | | | | 4 | 1 | 32 | 11 |
| *26 Ingegneria dell'ambiente e delle ris. | 42 | 10 | 30 | 9 | 15 | 2 | | | | | 31 | 5 | 118 | 26 |
| *27 Ingegneria meccanica | 49 | 2 | 46 | | 40 | 1 | | | | | 47 | 4 | 182 | 7 |
| *28 Ingegneria aerospaziale | 50 | 1 | 29 | 1 | 37 | 2 | | | | | 35 | | 151 | 4 |
| *29 Ingegneria delle telecomunicazioni | 28 | 1 | 11 | 1 | 14 | 1 | | | | | 16 | | 69 | 3 |
| *30 Ingegneria elettronica | 29 | 2 | 18 | | 16 | | | | | | 17 | | 80 | 2 |
| *31 Ingegneria informatica e automatica | 34 | 2 | 24 | | 17 | 1 | | | | | 13 | | 88 | 3 |
| *32 Edilizia | 44 | 8 | | | | | | | | | | | 44 | 8 |
| *33 Ingegneria logistica e della produzione | 13 | 2 | | | | | | | | | | | 13 | 2 |
| TOTALI FACOLTÀ | 2284 | 374 | 2083 | 351 | 1992 | 305 | 1521 | 211 | 1210 | 185 | 3057 | 409 | 12147 | 1835 |

* Diploma universitario.

NUMERO DI LAUREATI PER CORSO DI LAUREA NEGLI ULTIMI SEI ANNI ACCADEMICI

| Corso di laurea | 90-91 | | 91-92 | | 92-93 | | 93-94 | | 94-95 | | 95-96 | |
|----------------------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | V.O. | N.O. | V.O. | N.O. | V.O. | N.O. | V.O. | N.O. | V.O. | N.O. | V.O. | N.O. |
| Ing. Meccanica | 95 | | 87 | 109 | 133 | 4 | 100 | 18 | 87 | 60 | | |
| Ing. Elettrotecnica | 28 | | 33 | 35 | 30 | | 40 | | 17 | | | |
| Ing. Chimica | 22 | | 45 | 46 | 69 | 13 | 41 | 29 | 45 | 46 | | |
| Ing. Mineraria | 17 | | 14 | 22 | 14 | | 14 | | 23 | | | |
| Ing. Elettronica | 277 | | 266 | 343 | 344 | | 342 | 34 | 285 | 75 | | |
| Ing. Nucleare | 21 | | 15 | 17 | 19 | | 11 | 4 | 11 | 19 | | |
| Ing. Civile Edile | 115 | | 126 | 114 | 99 | | 112 | | 136 | 22 | | |
| Ing. Civile Idraulica | 10 | | 16 | 10 | 20 | | 15 | | 21 | | | |
| Ing. Civile Trasporti | 14 | | 17 | 10 | 24 | | 16 | | 27 | | | |
| Ing. Telecomunicazioni | | | | | | | | | | | | |
| Ing. Informatica | | | | | | 9 | | 17 | | 32 | | |
| Ing. Elettrica | | | | | | 10 | | 38 | | 46 | | |
| Ing. Edile | | | | | | 2 | | 13 | | 21 | | |
| Ing. Ambiente e Territorio | | | | | | | | 2 | | 22 | | |
| Ing. Gestionale | | | | | | | | 5 | | 9 | | |
| TOTALI | 599 | | 619 | 706 | 752 | 38 | 691 | 160 | 651 | 376 | | |

Legenda: V.O. = vecchio ordinamento, N.O. = nuovo ordinamento.

ORDINE DEGLI STUDI ANNO ACCADEMICO 1997-1998

1) CALENDARIO DELLE LEZIONI

- a) Insegnamenti a svolgimento **INTENSIVO**, impartiti in due cicli di lezioni:
- I ciclo: Insegnamenti del I anno: 22 settembre - 19 dicembre 1997
 Insegnamenti degli anni successivi: 29 settembre 1997 - 10 gennaio 1998
 (vacanze natalizie: dal 24 dicembre 1997 al 4 gennaio 1998)
- II ciclo: 2 marzo 1998 - 6 giugno 1998
 (vacanze pasquali: dal 9 al 14 aprile 1998)
- b) Insegnamenti a svolgimento **ESTENSIVO**
 20 ottobre 1997 - 16 gennaio 1998
 2 marzo 1998 - 23 maggio 1998
 (le vacanze natalizie e pasquali sono le stesse degli Insegnamenti intensivi)

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

2) CALENDARIO DEGLI ESAMI DI PROFITTO

| | |
|---|------------------------------------|
| anticipo I ^a sessione A.A. '97/'98 | 5 gennaio 1998 - 31 marzo 1998 |
| I ^a sessione A.A. '97/'98 | 18 maggio 1998 - 31 luglio 1998 |
| II ^a sessione A.A. '97/'98 | 1 settembre 1998 - 7 novembre 1998 |
| III ^a sessione A.A. '97/'98 | 5 gennaio 1999 - 21 marzo 1999 |

AMPLIAMENTI DELLE SESSIONI

(per studenti senza obbligo di frequenza, ovvero per studenti iscritti in qualità di fuori-corso per l'A.A. '97/'98)

| | |
|--------------------------|------------------------------------|
| I ^a sessione | 2 aprile 1998 - 16 maggio 1998 |
| II ^a sessione | 9 novembre 1998 - 19 dicembre 1998 |

Se non diversamente indicato in calce al programma, riportato in questa Guida, l'esame di profitto si intende con modalità di prova orale.

Gli elaborati delle prove scritte hanno validità stabilita dal responsabile dell'Insegnamento e sono conservati per una durata massima di sei mesi a partire dalla data di scadenza della validità della prova o dalla data della sua verbalizzazione.

Fermo restando l'obbligo, a termini di Regolamento didattico, di fissare almeno due appelli aperti a tutti in ciascuna sessione d'esami, il Consiglio di Facoltà accogliendo l'auspicio della Commissione didattica invita i docenti a fissare, in via sperimentale, almeno tre appelli nella sessione d'esame immediatamente seguente alla chiusura degli Insegnamenti da loro tenuti.

Negli ampliamenti di sessione è facoltà dei singoli docenti fissare appelli riservati.

3) CALENDARIO DEGLI ESAMI DI LAUREA

Anno accademico 1996/1997:

- sessione estiva: 18 giugno 1997 e 16 luglio 1997
- sessione autunnale: 25 ottobre 1997 e 10 dicembre 1997
- sessione invernale: 11 febbraio 1998 e 18 marzo 1998

Anno accademico 1997/1998:

- sessione estiva: 17 giugno 1998 e 15 luglio 1998
- sessione autunnale: 31 ottobre 1998, 5 dicembre 1988
(e, se necessario: 4 dicembre 1998)
- sessione invernale: 17 febbraio 1999, 20 marzo 1999
(e, se necessario: 19 marzo 1999)

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

4) MANIFESTO DEGLI STUDI DEI CORSI DI LAUREA

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA - CODICE 2101 | | | | |
|--|----------------------------|--|----------------------|---|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| I | 1351 1368 | Analisi matematica I Chimica | 1360 9730 9757 | Fisica generale I Fondamenti di informatica Geometria e algebra |
| II | 1355 148 1373 | Analisi matematica II Chimica organica Fisica generale II | 9730 1380 | Elementi di termodinamica dell'ingegneria chimica: bilanci di materia e di energia (sem.) Fondamenti di chimica industriale (sem.) Fondamenti di informatica Meccanica razionale |
| III | 6797 6801 7951 | Elettrotecnica Scienza delle costruzioni Termodinamica dell'ingegneria chimica | 1384 9268 6417 | Costruzione di macchine Economia ed organizzazione aziendale Principi di ingegneria chimica I |
| IV | 503 663 4641 2235 | Impianti chimici I Macchine (*) Principi di ingegneria chimica II Scienza dei materiali | 1384 11241 | Costruzione di macchine Teoria dello sviluppo dei processi chimici |
| 1 Insegnamento di Orientamento | | | | |
| (*) Non attivato nell'A.A. 1997-1998; gli studenti ancora senza firma di frequenza si riterranno iscritti all'Insegnamento «Macchine» presso il Corso di laurea in ingegneria meccanica | | | | |
| V | 9941 137 502 | Analisi di sicurezza nell'industria di processo Chimica industriale Impianti chimici II | 8541 | Dinamica e controllo dei processi chimici |
| 3 Insegnamenti di Orientamento (*) | | | | |
| (*) Per gli A.A. 1997/98-201/02, gli studenti che optano per il nuovo ordinamento (nuova tabella XXIX) e che hanno sostenuto l'esame di «Disegno tecnico industriale» hanno l'obbligo di scegliere solo 2 Insegnamenti di Orientamento | | | | |
| Orientamenti: | | | | |
| 1) AMBIENTE E SICUREZZA | | | | |
| | 11137 | Ingegneria chimica ambientale (V) | 10402 | Principi di ingegneria chimica ambientale (IV) |
| 1 Insegnamento annuale, scelto preferibilmente fra i seguenti: | | | | |
| | 7947 | Gestione dell'innovazione e dei progetti (V) Meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem.) (V) | 4135 | Idrogeologia applicata (sem.) (V) |
| | 8702 | Pianificazione territoriale (estensivo) (V) | | |
| 2) BIOTECNOLOGIE | | | | |
| | | | 8127 10404 | Biochimica industriale (IV) Impianti biochimici (V) |
| 1 Insegnamento annuale scelto preferibilmente fra i seguenti: | | | | |
| | | Gestione dell'innovazione e dei progetti (V) Processi biologici industriali (V) (*) | 10269 | Impianti dell'industria alimentare (V) Logistica industriale (V) |
| (*) Per l'A.A. 1997/98 potrà essere mutuato dalla Facoltà di Chimica Industriale come «Tecnologie chimiche agrarie» | | | | |

(segue)

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA - CODICE 2101 | | | | |
|---|---|---|---|--|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| 3) MATERIALI | | | | |
| | 10019 | Materiali polimerici (V) | 5802 | Proprietà termodinamiche e di trasporto (IV) |
| | | | 10405 | Scienza e tecnologia dei materiali ceramici (V) |
| 1 Insegnamento annuale preferibilmente scelto fra i precedenti e i seguenti: | | | | |
| | 886 | Scienza dei metalli (V) | 10269 | Logistica industriale (V) |
| | 1043 | Tecnologia dei materiali e chimica applicata (V) (*) | | |
| (*) Non può essere scelto da chi ha in carriera l'Insegnamento di «Chimica applicata» | | | | |
| 4) PROCESSI | | | | |
| 2 Insegnamenti fra i seguenti: | | | | |
| | 11137 | Impianti dell'industria alimentare (V) Ingegneria chimica ambientale | 5802 | Proprietà termodinamiche e di trasporto (IV) Cinetica chimica applicata (V) (*) |
| (*) Per l'A.A. 1997-1998 potrà essere mutuato dalla Facoltà di Chimica Industriale come «Chimica e tecnologia della catalisi» | | | | |
| 1 Insegnamento annuale preferibilmente scelto fra i precedenti e i seguenti: | | | | |
| | | Gestione dell'innovazione e dei progetti (V) | 10269 | Logistica industriale (V) |
| | | | 4126 | Controllo dei processi (V) |
| | | | 4152 | Strumentazione biomedica (V) |
| EQUIVALENZE DEGLI INSEGNAMENTI | | | | |
| | VECCHIO ORDINAMENTO | | NUOVO ORDINAMENTO | |
| | Disegno tecnico industriale Fisica I Fisica II Chimica applicata Elementi introduttivi di ingegneria chimica Costruzione di macchine | | Insegnamento a scelta (purché non obbligatorio d'Orientamento) Fisica generale I Fisica generale II Fondamenti di chimica industriale Elementi di termodinamica dell'ingegneria chimica Fondamenti e metodi della progettazione industriale | |

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE - CODICE 2102 | | | | | | |
|--|--------------------------------------|---|--|--|------------------------------|---|
| Anno di corso | Insegnamenti a svolgimento estensivo | | Insegnamenti a svolgimento intensivo | | | |
| | N. COD. | | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| I | | | 1349 1362 | Analisi matematica I Disegno | 1357 9757 | Chimica Fisica generale I Geometria e algebra |
| II | | | 1353 1370 1043 | Analisi matematica I Fisica generale II Tecnologia dei materiali e chimica applicata | 9939 9730 8325 1378 | Calcolo numerico e programmazione (*) Fondamenti di informatica (*) Istituzioni di economia (sem.) Meccanica razionale |
| (*) Reciprocamente sostituibili | | | | | | |
| III | 890 1061 | Scienza delle costruzioni Topografia | 275 430 490 1034 | Elettrotecnica (sem.) Fisica tecnica (sem.) Idraulica Tecnica urbanistica | 464 | Geologia (sem.) |
| IV | 51 10203 1026 | Architettura tecnica Geotecnica Tecnica delle costruzioni | 663 1031 | Macchine (sem.) Tecnica ed economia dei trasporti | 2429 | Estimo (sem.) |
| | | | INDIRIZZO STRUTTURE | | 2144 | Scienza delle costruzioni II |
| | 3656 | Disegno II | | Orientamento A | | |
| | | | | Orientamento C | 11180 | Topografia II |
| | | | | Orientamento D, I | | |
| | | | 6200 | Dinamica delle strutture | | |
| | | | Orientamento B, E, F, G, H, KL, M | | | |
| | | | 204 | Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti | | |
| | | | INDIRIZZO IDRAULICA | | | |
| | 206 | Costruzioni idrauliche | | Idrologia | | |
| | | | INDIRIZZO TRASPORTI | | | |
| | | | 204 | Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti | 11177 | Teoria e tecnica della circolazione |

(segue)

| Anno di corso | CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE - CODICE 2102 | | | | |
|---------------|--|--|--|---|--------------------------------------|
| | Insegnamenti a svolgimento estensivo | | Insegnamenti a svolgimento intensivo | | |
| | N. COD. | | N. COD. | I CICLO | N. COD. II CICLO |
| V | 206 | Costruzioni idrauliche | | | |
| | 11170 | Organizzazione del cantiere | | | |
| | 3480 | Tecnica delle costruzioni II | | | |
| | | | INDIRIZZO STRUTTURE | | |
| | 50 | Architettura e composizione architettonica | 204 | Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti | |
| | | | 1 Insegnamento annuale a scelta | | |
| | | | Orientamento B (Ristrutturazione) | | |
| | 8079 | Progetti per la ristrutturazione e il risanamento edilizio | | Sperimentazione dei materiali, dei modelli e delle strutture (sem.) | 11718 Strutture di fondazione (sem.) |
| | | | 1 Insegnamento annuale a scelta | | |
| | | | Orientamento C (Rilevamento) | | |
| | | | 204 | Costruzione di strade ferrovie ed aeroporti | |
| | | | 1656 | Fotogrammetria | |
| | | | 1 Insegnamento annuale a scelta | | |
| | | | Orientamento D (Costruzioni 1) | | |
| | 11704 | Costruzioni in zona sismica | 204 | Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti | |
| | | | 1 Insegnamento annuale a scelta | | |
| | | | Orientamento E (Costruzioni 2) | | |
| | | | 2 | Aerodinamica Teoria e progetto delle costruzioni in acciaio (sem.) | 9046 Strutture speciali |
| | | | 1 Insegnamento annuale a scelta | | |
| | | | Orientamento F (Costruzioni 3) | | |
| | | Meccanica computazionale delle strutture | | Teoria e progetto delle costruzioni in acciaio (sem.) | 9046 Strutture speciali (sem.) |
| | | | 1 Insegnamento annuale a scelta | | |
| | | | Orientamento G (Costruzioni 4) | | |
| | 11704 | Costruzioni in zona sismica | | Teoria e progetto delle costruzioni in acciaio (sem.) | 9046 Strutture speciali (sem.) |
| | | | 1 Insegnamento annuale a scelta | | |
| | | | Orientamento H (Costruzioni 5) | | |
| | | Meccanica computazionale delle strutture | | | |
| | 198 | Teoria e progetto dei ponti | | | |
| | | | 1 Insegnamento annuale a scelta | | |
| | | | Orientamento I (Costruzioni 6) | | |
| | | Meccanica computazionale delle strutture | 204 | Costruzione di strade ferrovie ed aeroporti | |
| | | | 1 Insegnamento annuale a scelta | | |

(segue)

| Anno di corso | CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE - CODICE 2102 | | | | | |
|--|--|---------------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------------|---|
| | Insegnamenti a svolgimento estensivo | | Insegnamenti a svolgimento intensivo | | | |
| | N. COD. | | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| | | Orientamento L (Costruzioni 7) | | | | |
| | | Teoria e progetto dei ponti | | Sperimentazione dei materiali, dei modelli e delle strutture (sem.) | 11718 | Strutture di fondazione (sem.) |
| | | | | I Insegnamento annuale a scelta | | |
| | | | | Orientamento M (Geotecnica) | | |
| | | | | Sperimentazione dei materiali, dei modelli e delle strutture (sem.) | 4125 | Consolidamento dei terreni |
| | | | 4114 | Meccanica delle rocce | 11718 | Strutture di fondazione (sem.) |
| <p>Gli Insegnamenti annuali a scelta sono individuabili fra gli Insegnamenti degli Orientamenti precedenti non facenti parte di quello prescelto, o fra gli Insegnamenti del seguente gruppo:</p> <ul style="list-style-type: none"> — 11708 Impianti tecnici — 11705 Costruzioni in zona sismica + Ingegneria del territorio (Insegnamento integrato) — Caratteri distributivi degli edifici. <p>L'insegnamento 204 non è mai sostituibile</p> | | | | | | |
| | | | | INDIRIZZO IDRAULICA | | |
| | 518 | Impianti speciali idraulici | 204 | Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti | | |
| | 11350 | Tecnica dei lavori idraulici | | | | |
| | | | | Orientamento Territorio | | |
| | | | | 1172 | Protezione idraulica del territorio | |
| | | | | 2 Insegnamenti annuali a scelta fra i seguenti: | | |
| | 11139 | Ingegneria sanitaria-ambientale | | | 1724 | Gestione delle risorse idriche |
| | 2424 | Costruzioni marittime | | | | Idrologia II (sem.) |
| | 3480 | Tecnica delle costruzioni II | | | | |
| | | | | | | Orientamento Pianificazione |
| | | | | | 1724 | Gestione delle risorse idriche |
| | | | | | 11167 | Idrologia II (sem.) |
| | | | | 2 Insegnamenti annuali a scelta fra i seguenti: | | |
| | 11139 | Ingegneria sanitaria-ambientale | 1656 | Fotogrammetria | 2013 | Modellistica idraulica |
| | | | 1172 | Protezione idraulica del territorio | | |
| | | | | | | Orientamento Idraulica Applicata |
| | | | | | 2013 | Modellistica idraulica |
| | | | | 2 Insegnamenti annuali a scelta fra i seguenti: | | |
| | 11708 | Impianti tecnici | 2 | Aerodinamica | 279 | Elettrotecnica II |
| | | | 10204 | Misure e controlli idraulici | 667 | Macchine II (sem.) |
| | | | | | | INDIRIZZO TRASPORTI |
| | 204 | Costruzioni idrauliche | | Fondamenti di infrastrutture viarie | 5603 | Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti II |
| | | | 11422 | Progettazione di sistemi di trasporto | | |

(segue)

| Anno di corso | CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE - CODICE 2102 | | | | | |
|---|--|-------|--|--------------------------------------|------------------------------------|----------|
| | Insegnamenti a svolgimento estensivo | | | Insegnamenti a svolgimento intensivo | | |
| | N. COD. | | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| | Orientamento Infrastrutture | | | | | |
| | 2 Insegnamenti annuali a scelta fra i seguenti: | | | | | |
| | Teoria e progetto dei ponti | 11719 | Tecnica dei lavori stradali, ferroviari e aeroportuali | 4125 | Consolidamento dei terreni | |
| | | 1656 | Fotogrammetria | 11180 | Terminali e impianti dei trasporti | |
| | | | | | Topografia II | |
| | Orientamento Territorio | | | | | |
| | 2 Insegnamenti annuali a scelta fra i seguenti: | | | | | |
| 9235 | Tecnica urbanistica II | 4679 | Pianificazione dei trasporti | 11180 | Terminali e impianti dei trasporti | |
| | Nozioni giuridiche fondamentali | | | | Topografia II | |
| | Orientamento Sistemi | | | | | |
| | 2 Insegnamenti annuali fra i seguenti: | | | | | |
| | | 2 | Aerodinamica | 279 | Elettrotecnica II (sem.) | |
| | | 1656 | Fotogrammetria | 12706 | Macchine II (sem.) | |
| | | | | 6776 | Sistemi di trazione | |
| | | | | 7433 | Tecnica del controllo ambientale | |
| | | | | | Terminali e impianti dei trasporti | |
| EQUIVALENZE DEGLI INSEGNAMENTI | | | | | | |
| VECCHIO ORDINAMENTO | | | NUOVO ORDINAMENTO | | | |
| Analisi computazionale delle strutture | | | Meccanica computazionale delle strutture | | | |
| Calcolo numerico e programmazione numerica | | | Calcolo numerico e programmazione | | | |
| Costruzione di ponti | | | Teoria e progetto dei ponti | | | |
| Costruzioni in acciaio | | | Teoria e progetto delle costruzioni in acciaio | | | |
| Diritto dell'assetto territoriale | | | Nozioni giuridiche fondamentali | | | |
| Fisica I | | | Fisica generale I | | | |
| Fisica II | | | Fisica generale II | | | |
| Idrologia tecnica | | | Idrologia | | | |
| Infrastrutture viarie | | | Fondamenti di infrastrutture viarie | | | |
| Sperimentazione dei materiali e delle strutture | | | Sperimentazione dei materiali, dei modelli e delle strutture | | | |

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI - CODICE 2103 | | | | |
|---|--|---|---|--|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| I | 1352 7945 | Analisi matematica I Fondamenti di informatica I | 1361 1369 9757 | Chimica Fisica generale I Geometria ed algebra |
| II | 1356 1372 7946 | Analisi matematica II Fisica generale II Fondamenti di informatica II | 275 6798 381 | Elettrotecnica Fisica tecnica Meccanica razionale |
| III | 6372 196 5579 | Analisi matematica III Controlli automatici Reti logiche | 7941 192 2438 | Campi elettromagnetici Comunicazioni elettriche Elettronica applicata I |
| IV | 10383 2439 10393 | Calcolatori elettronici I Elettronica applicata II Sistemi di telecomunicazione | 1386 10389 10390 | Misure elettriche Propagazione Reti di telecomunicazioni |
| V | 251 10406 2191 | Economia ed organizzazione aziendale Elaborazione ottica dei segnali Microonde | | |
| | | 1 o 2 Insegnamenti a scelta tra: | | |
| | | | 11144 12247 10720 | Progetto di circuiti a micro-onde Sistemi di commutazione Trasmissione numerica |
| | | nessuno o 1 Insegnamenti a scelta tra: | | |
| | 10907 8862 2037 11145 884 10413 | Elettronica dei sistemi digitali Elettronica delle telecomunicazioni Elettronica dello stato solido Elettronica industriale Reti di calcolatori Ricerca operativa Sensori e trasduttori | 4524 10384 5702 10394 10407 | Analisi numerica Calcolatori elettronici II Microelettronica Ottimizzazione combinatoria Sistemi informativi I Strumentazione e misure elettroniche |

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA EDILE - CODICE 2104 | | | | |
|--|---------------------------|--|-----------------------|---|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| I | 1349 1362 2736 | Analisi matematica I Disegno Storia dell'architettura | 1357 1366 9757 | Chimica Fisica generale I Geometria ed algebra |
| Laboratorio didattico di progettazione per «Disegno» e «Storia dell'architettura» | | | | |
| II | 1353 1370 3656 | Analisi matematica II (estensivo) Fisica II Disegno II | 9370 1378 12373 | Fondamenti di informatica Meccanica razionale Storia dell'architettura II |
| Laboratorio didattico di progettazione per «Disegno II» e «Storia dell'architettura II» | | | | |
| III | 890 430 490 1182 | Scienza delle costruzioni (estensivo) Fisica tecnica Idraulica Tecnica urbanistica I (A,B,C) e (D,E,F) | 12660 2429 | Composizione e progettazione urbana (A,B,C) Teoria e tecniche della progettazione architettonica (D,E,F) Estimo |
| Laboratorio didattico di progettazione per «Tecnica urbanistica I», «Composizione e progettazione urbana» (A,B,C), «Teoria e tecniche della progettazione architettonica» (D,E,F) e/o per seminari interdisciplinari | | | | |
| Gli Insegnamenti non abbinati a notazione alfabetica fra parentesi sono obbligatori, gli altri sono di Orientamento | | | | |
| IV | 04839 | Architettura e composizione architettonica I Architettura tecnica I (D,E,F) Caratteri costruttivi e distributivi degli edifici (A,B,C) Economia regionale Geotecnica Tecnica delle costruzioni 1 Insegnamento annuale di Orientamento fra: Impianti tecnici (F) Tecnica urbanistica II (D,C) Tecnologia dei materiali e chimica applicata (B,E) Topografia (A) | | |
| Laboratorio didattico di progettazione per «Caratteri costruttivi e distributivi degli edifici», «Architettura e composizione architettonica», «Tecnica delle costruzioni (A,B,C) | | | | |
| Laboratorio didattico di progettazione per «Architettura tecnica», «Architettura e composizione architettonica», «Tecnica delle costruzioni» (D,E,F) | | | | |
| Gli Insegnamenti non abbinati a notazione alfabetica fra parentesi sono obbligatori; gli altri sono di Orientamento | | | | |
| V (*) | | Architettura e composizione architettonica II Architettura tecnica II Caratteri costruttivi e distributivi degli edifici (A,B,C) Organizzazione del cantiere Progetti per la ristrutturazione e il risanamento edilizio 1 Insegnamento annuale di Orientamento fra: Acustica applicata (F) Disegno dell'architettura (C) Progettazione degli elementi costruttivi oppure Recupero e conservazione degli edifici (B) 1 Insegnamento da raggruppamento H07A oppure H07B (E) Tecniche di analisi urbana e territoriale oppure Pianificazione e gestione delle aree metropolitane oppure Ingegneria del territorio (C,D) | | |
| Laboratorio didattico di progettazione per «Composizione architettonica» e/o altri integrati | | | | |
| (*) Anno di corso non attivato - Organizzazione della didattica da definire | | | | |

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA EDILE - CODICE 2104 | | | | |
|---|---------------------|---|-------------------|---|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| V ANNO (vecchio ordinamento, A.A. 1997-1998) | | | | |
| | 3780 | Architettura e composizione architettonica | | |
| | 2214 | Architettura tecnica II | | |
| | 10007 | Progetti per il risanamento e il recupero edilizio | | |
| | 1043 | Tecnologia dei materiali e chimica applicata | | |
| | | I Insegnamento di Orientamento fra: | | |
| | 11170 | — Organizzazione del cantiere (Tecnologico) <i>oppure, a scelta dello studente</i> | | |
| | 5568 | — Progettazione per l'edilizia industrializzata (Tecnologico) — Pianificazione e gestione delle aree metropolitane (equivalente a «2009 Complementi di tecnica urbanistica») <i>oppure, a scelta dello studente</i> | | |
| | 7950 | — Tecniche di analisi urbane e territoriali <i>oppure, a scelta dello studente</i> | | |
| | 9043 | — Ingegneria del territorio (Compositivo e Territorio) | | |
| EQUIVALENZE DEGLI INSEGNAMENTI | | | | |
| | VECCHIO ORDINAMENTO | | NUOVO ORDINAMENTO | |
| | 50 | Architettura e composizione architettonica | | Architettura e composizione architettonica I |
| | 2114 | Architettura tecnica I | | Caratteri costruttivi e distributivi degli edifici (A,B,C) |
| | 2114 | Architettura tecnica I | | Architettura tecnica I (D,E,F) |
| | 2114 | Architettura tecnica I | | Architettura tecnica |
| | | Composizione urbanistica | | Progettazione urbanistica |
| | 522 | Impianti tecnici (tecnologico) | | Impianti tecnici (F) (equivalente a tutti gli effetti a: «Impianti tecnici civili») |
| | | Progetti per la ristrutturazione e il risanamento edilizio | | Progetti per il risanamento e il recupero edilizio |
| | 9235 | Tecnica urbanistica II | | Tecnica urbanistica II (D,C) (equivalente a tutti gli effetti a: «Programmazione dell'assetto e dello sviluppo del territorio») |
| | 1043 | Tecnologia dei materiali e chimica applicata | | Tecnologia dei materiali e chimica applicata (B,E) |
| | 1061 | Topografia | | Topografia (A) |

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRICA - CODICE 2105 | | | | |
|--|-----------------------|---|----------------------|--|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| I | 1352 9730 | Analisi matematica I Fondamenti dell'informatica | 1369 9757 | Fisica generale I Geometria ed algebra |
| II | 1356 1372 | Analisi matematica II Fisica II | 1361 6797 1381 | Chimica Fisica tecnica Meccanica razionale |
| III | 6183 11714 8075 | Economia applicata all'ingegneria Principi di ingegneria elettrica I Scienza delle costruzioni | 270 11715 8073 | Elettronica Principi di ingegneria elettrica II Meccanica applicata alle macchine |
| IV | 5843 666 732 | Impianti elettrici Macchine elettriche Misure elettriche | 196 8074 | Controlli automatici Conversione statica dell'energia (sem.) + Strumentazione elettronica di misura (sem.) Macchine |
| V | 10382 11148 | Azionamenti elettrici Modellistica e ingegneria dei materiali elettrici Sistemi elettrici per l'energia | | |
| 4 Insegnamenti a scelta | | | | |
| (*) dei quali almeno tre devono essere dell'Orientamento seguito e l'eventuale quarto può essere individuato fra i seguenti: | | | | |
| | | Affidabilità e diagnostica dei sistemi elettrici | 10411 12086 | Automazione industriale Compatibilità elettromagnetica industriale |
| | | Elettronica industriale | | Componenti e tecnologie elettriche |
| | 10008 | Magnetofluidodinamica applicata | 11135 | Impianti di produzione dell'energia elettrica |
| | 11141 | Metodologie di progettazione di macchine elettriche | 11142 | Misure e collaudo di macchine ed impianti elettrici |
| | 7949 | Scienza e tecnologia dei materiali elettrici | | |
| | 10413 | Sensori e trasduttori | 10386 | Modellistica dei sistemi elettro-meccanici Tecnica delle alte tensioni |
| ORIENTAMENTI: | | | | |
| 1) SISTEMI PER L'ENERGIA | | | | |
| | | Affidabilità e diagnostica dei sistemi elettrici | 12086 11142 | Compatibilità elettromagnetica industriale Misure e collaudo di macchine ed impianti elettrici |
| | 7949 | Scienza e tecnologia dei materiali elettrici | 11135 | Impianti di produzione dell'energia elettrica |
| | | | 4153 | Tecnica delle alte tensioni |
| 2) MACCHINE E AZIONAMENTI | | | | |
| | | Elettronica industriale | | Automazione industriale |
| | 11141 | Metodologie di progettazione di macchine elettriche | 11142 | Misure e collaudo di macchine e impianti elettrici |
| | | | 10386 | Modellistica dei sistemi elettromeccanici |
| 3) AUTOMAZIONE INDUSTRIALE | | | | |
| | | Elettronica industriale | 10411 | Automazione industriale |
| | 10413 | Sensori e trasduttori | 12086 | Compatibilità elettromagnetica industriale |
| | | | 10386 | Modellistica dei sistemi elettromeccanici |

(segue)

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRICA - CODICE 2105

| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
|--|---------|--|---------|--------------------------------------|
| | | 4) NUOVE TECNOLOGIE PER L'ENERGIA | | |
| | | Affidabilità e diagnostica dei sistemi elettrici | | Componenti e tecnologie elettriche |
| | 10008 | Magnetofluidodinamica applicata | 11140 | Materiali per l'ingegneria elettrica |
| | 7949 | Scienza e tecnologia dei materiali elettrici | 4153 | Tecnica delle alte tensioni |
| Conseguentemente agli indirizzi culturali del Corso di laurea, lo studente potrà anche seguire ORIENTAMENTI nei settori «TRASPORTI» e «GESTIONALE», da concordare con il Consiglio di Corso di laurea | | | | |

EQUIVALENZE DEGLI INSEGNAMENTI

| VECCHIO ORDINAMENTO | NUOVO ORDINAMENTO |
|---|---|
| Fisica I | Fisica generale I |
| Fisica II | Fisica generale II |
| Fondamenti di informatica | Fondamenti dell'informatica |
| Elettronica applicata | Elettronica |
| Ingegneria dei materiali elettrici | Modellistica e ingegneria dei materiali elettrici |
| Compatibilità elettromagnetica per l'ingegneria industriale | Compatibilità elettromagnetica industriale |
| Metodologie di progettazione delle macchine elettriche | Metodologie di progettazione di macchine elettriche |
| Tecnologie elettriche | Componenti e tecnologie elettriche |

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA - CODICE 2106 | | | | |
|--|---|--|----------------------|---|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| I | 1352 7945 | Analisi matematica I Fondamenti di informatica I | 1361 1369 9757 | Chimica Fisica generale I Geometria ed algebra |
| II | 1356 1372 7946 | Analisi matematica II Fisica generale II Fondamenti di informatica II | 275 6798 1381 | Elettrotecnica Fisica tecnica Meccanica razionale |
| III | 6372 7681 5579 | Analisi matematica III Controlli automatici Reti logiche | 192 2438 | Comunicazioni elettriche Elettronica applicata I |
| IV | 10383 2439 | Calcolatori elettronici I Elettronica applicata II | 1386 | Misure elettriche |
| V | 251 | Economia e organizzazione aziendale (*) | | |
| (*) Sostituibile con «6183 - Economia applicata all'ingegneria» | | | | |
| I. PIANI DI STUDIO CON SCELTA DI ORIENTAMENTO | | | | |
| III | | | 7941 | Campi elettromagnetici |
| IV | 10393 | Sistemi di telecomunicazione | 10384 5702 | Calcolatori elettronici II Microelettronica |
| V | 4 Insegnamenti fra quelli indicati per ciascun Orientamento | | | |
| 1a. Orientamento BIOINGEGNERIA | | | | |
| V | 1679 11134 | Automazione e organizzazione sanitaria Elaborazione di dati e segnali biomedici Insegnamento a scelta | 7940 4152 | Bioingegneria I Strumentazione biomedica |
| 1b. Orientamento CALCOLATORI ELETTRONICI | | | | |
| V | 10907 10408 11145 | Elettronica dei sistemi digitali (*) Insegnamento a scelta tra: — Linguaggi e traduttori — Reti di calcolatori | 7158 10394 | Intelligenza artificiale Sistemi informativi I Insegnamento a scelta |
| (*) In sostituzione di «Elettronica applicata III» dei precedenti A.A. | | | | |
| 1c. Orientamento COMUNICAZIONI ELETTRICHE | | | | |
| V | 4314 10406 | Elettronica dei sistemi digitali Insegnamento a scelta fra: — Elaborazione ottica dei segnali — Elettronica delle telecomunicazioni | 10389 10390 | Propagazione Reti di telecomunicazioni Insegnamento a scelta |
| 1d. Orientamento CONTROLLI AUTOMATICI | | | | |
| V | 2037 5574 | Elettronica industriale Ingegneria e tecnologie dei sistemi di controllo | 4126 11146 | Controllo di processi Robotica industriale Insegnamento a scelta |
| 1e. Orientamento GESTIONALE | | | | |
| V | 2037 884 | Elettronica industriale Ricerca operativa | 10394 | Ottimizzazione combinatoria Sistemi informativi I Insegnamento a scelta |

(segue)

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA - CODICE 2106 | | | | |
|--|---------------|--|----------------------------------|---|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| 1f. Orientamento PROGETTAZIONE ELETTRONICA | | | | |
| V | 4314 2037 | Elettronica dei sistemi digitali Insegnamento a scelta fra: — Elettronica industriale — Elettronica delle telecomunicazioni | 11132 10407 | Architettura dei sistemi integrati Strumentazione e misure elettroniche Insegnamento a scelta |
| 1g. Orientamento STRUMENTAZIONE ELETTRONICA | | | | |
| V | 4314 10413 | Elettronica dei sistemi digitali Sensori e trasduttori | 11131 10407 | Affidabilità e diagnostica di componenti e circuiti elettronici Strumentazione e misure elettroniche Insegnamento a scelta |
| 2. Piani di studio con scelta di INDIRIZZO | | | | |
| 2a. Indirizzo BIOMEDICA | | | | |
| III | | | 7940 | Bioingegneria I |
| IV | 10412 | Bioingegneria II | 7941 4152 | Campi elettromagnetici Strumentazione biomedica |
| V | 1679 11134 | 3 Insegnamenti a scelta, dei quali almeno due tra: Automazione e organizzazione sanitaria Elaborazione di dati e segnali biomedici e i rimanenti Insegnamenti tra: Insegnamento a scelta | 10390 11133 4117 5802 | Reti di telecomunicazioni Bioingegneria III Analisi sperimentale delle tensioni Proprietà termodinamiche e di trasporto |
| 3a. Indirizzo MICROELETTRONICA | | | | |
| III | | | 7941 | Campi elettromagnetici |
| IV | 8862 | Elettronica dello stato solido | 7941 5702 10384 7942 | Campi elettromagnetici (*) Microelettronica Insegnamento a scelta tra (**): — Calcolatori elettronici II — Chimica fisica dei materiali solidi |
| (*) Solo per gli studenti che si iscrivono al IV anno di Corso nell'A.A. 1997/1998 senza avere acquisito la firma di frequenza «7941» al III anno. | | | | |
| (**) Solo per gli studenti che si iscrivono al IV anno di Corso nell'A.A. 1997/1998 avendo acquisito la firma di frequenza per «7941» al III anno. | | | | |
| V | 4313 2037 | Elettronica dei sistemi digitali Elettronica industriale | 10390 11131 11132 10407 | Reti di telecomunicazione (*) 1 Insegnamenti a scelta tra: Affidabilità e diagnostica di componenti e circuiti elettronici Architettura dei sistemi integrati Strumentazione e misure elettroniche 1 Insegnamento a scelta |
| (*) Sostituibile con «10393 - Sistemi di telecomunicazione» | | | | |

(segue)

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA - CODICE 2106 | | | | |
|---|-------------------------------------|--|--|---|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| INSEGNAMENTI A SCELTA | | | | |
| | 1679 | Automazione ed organizzazione sanitaria | 11131 | Affidabilità e diagnostica di componenti e circuiti elettronici |
| | 10412 | Bioingegneria II | | Analisi numerica |
| | 3695 | Controlli automatici I | 4711 | Analisi sperimentale delle tensioni |
| | 10406 | Elaborazione ottica dei segnali | 11132 | Architettura dei sistemi integrati |
| | 11134 | Elaborazione di dati e segnali biomedici | 10411 | Automazione industriale |
| | 4314 | Elettronica dei sistemi digitali | 7940 | Bioingegneria I |
| | | Elettronica delle telecomunicazioni | 11133 | Bioingegneria III |
| | 8862 | Elettronica dello stato solido | 10384 | Calcolatori elettronici II |
| | 2037 | Elettronica industriale | 7942 | Chimica-fisica dei materiali solidi |
| | 5574 | Ingegneria e tecnologie dei sistemi di controllo | 4126 | Controllo dei processi |
| | 10408 | Linguaggi e traduttori | 10420 | Impianti industriali |
| | 2191 | Microonde | 7158 | Intelligenza artificiale |
| | 11145 | Reti di calcolatori | 8073 | Meccanica applicata alle macchine |
| | 884 | Ricerca operativa | 5702 | Microelettronica |
| | 10413 | Sensori e trasduttori | 10386 | Modellistica dei sistemi elettromeccanici |
| | 10393 | Sistemi di telecomunicazione | 12416 | Organizzazione della produzione e dei sistemi logistici |
| | | | | Ottimizzazione combinatoria |
| | | | 11144 | Progetto di circuiti a microonde |
| | | | 10389 | Propagazione |
| | | | 5802 | Proprietà termodinamiche e di trasporto |
| | | | 10390 | Reti di telecomunicazioni |
| | | | 11147 | Sistemi di commutazione |
| | | | 10392 | Sistemi di elaborazione |
| | | | 10394 | Sistemi informativi I |
| | | | 11149 | Sistemi informativi II |
| | | | 14152 | Strumentazione biomedica |
| | | | 10720 | Trasmissione numerica |
| EQUIVALENZE DEGLI INSEGNAMENTI | | | | |
| | VECCHIO ORDINAMENTO | | NUOVO ORDINAMENTO | |
| | Algoritmi di ottimizzazione | | Ottimizzazione combinatoria | |
| | Fisica I | | Fisica generale I | |
| | Fisica II | | Fisica generale II | |
| | Misure elettriche | | Misure elettroniche | |
| | Tecnologie dei sistemi di controllo | | Ingegneria e tecnologie dei sistemi di controllo | |

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE - CODICE 2107 | | | | |
|--|------------------------------|--|--|---|
| sede di Bologna | | | | |
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| I | 1359 9730 | Analisi matematica I Fondamenti di informatica | 1359 1367 9757 | Chimica Fisica generale I Geometria e algebra |
| II | 1354 1371 | Analisi matematica II Fisica generale II | 256 6794 1379 | Economia politica Elettrotecnica Meccanica razionale |
| III | 196 794 11716 11716 | Controlli automatici Fisica tecnica (sem.) Scienza delle costruzioni (sem.) Sistemi di controllo di gestione + Sistemi organizzativi | 10420 687 884 | Impianti industriali Meccanica applicata alle macchine Ricerca operativa |
| IV | 192 201 4313 663 | Comunicazioni elettriche Costruzione di macchine (sem.) Gestione dell'innovazione e dei progetti Macchine (sem.) | 11165 9679 11173 | Gestione dell'energia Sistemi informativi Studi di fabbricazione |
| V | 1677 10391 | Gestione aziendale Sicurezza e analisi di rischio Insegnamento a scelta Insegnamento a scelta | 10269 | Logistica industriale Insegnamento a scelta Insegnamento a scelta |
| INSEGNAMENTI A SCELTA: | | | | |
| ORIENTAMENTO INDUSTRIALE-PRODUTTIVO | | | | |
| | 5843 2235 2121 | Impianti elettrici (1) Ingegneria delle materie prime Scienza dei materiali Tecnologie generali dei materiali | 10411 4126 11168 10416 10421 4146 | Affidabilità e controllo della qualità Automazione industriale Controllo dei processi Interazione fra le macchine e l'ambiente Organizzazione della produzione e dei sistemi logistici Ottimizzazione combinatoria Servizi generali di impianto Strumentazione e automazione industriale |
| | 11715 | Energetica elettrica II (2) Gestione degli impianti industriali (3) Principi di ingegneria elettrica II (2) | | |

(1) Già attivato; verrà inserito nell'Orientamento «Gestione industriale dell'energia» all'atto della sua attivazione.

(2) Proposto nell'ambito dell'Orientamento «Gestione industriale dell'energia» non attivato nell'A.A. 97/98.

(3) Non attivato nell'A.A. 97/98.

(segue)

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE - CODICE 2107 | | | | |
|---|--|--|--|---|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| ORIENTAMENTO SERVIZI | | | | |
| | | Nozioni giuridiche fondamentali (estensivo) | | Elettronica (2) |
| | 4679 | Tecnica urbanistica II (estensivo) | 2429 | Estimo (sem.) |
| | 1031 | Pianificazione dei trasporti | 4521 | Finanza aziendale (3) |
| | | Tecnica ed economia dei trasporti | 10402 | Principi di ingegneria chimica ambientale |
| | | Metodi e modelli per il supporto delle decisioni (1) | 10390 | Politica economica (3) |
| | | | 11149 | Reti di telecomunicazioni |
| | | | 7433 | Sistemi informativi II |
| | | | | Tecnica del controllo ambientale |
| <p>(1) Non attivato nell'A.A. 97/98. (2) Insieme dei due Insegnamenti semestrali di Elettronica applicata I e II impartiti nel Corso di laurea in ingegneria nucleare. (3) Mutuato ai soli fini didattici dalla Facoltà di Economia e scienze statistiche</p> | | | | |
| EQUIVALENZE DEGLI INSEGNAMENTI | | | | |
| | VECCHIO ORDINAMENTO | | NUOVO ORDINAMENTO | |
| | Algoritmi di ottimizzazione Economia e gestione dell'innovazione Elettronica applicata Fisica I Fisica II Istituzioni di diritto pubblico e privato Strumentazione industriale Tecnica urbanistica II Valorizzazione delle materie prime | | Ottimizzazione combinatoria Gestione dell'innovazione e dei progetti Elettronica Fisica generale I Fisica generale II Nozioni giuridiche fondamentali Strumentazione e automazione industriale Tecniche di progettazione urbanistica II Ingegneria delle materie prime | |

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA - CODICE 2108 | | | | |
|---|--|--|--|--|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| INSEGNAMENTI COMUNI A TUTTI I PIANI DI STUDIO | | | | |
| I | 1352 7945 | Analisi matematica I Fondamenti di informatica I | 1361 1369 9757 | Chimica Fisica generale I Geometria ed algebra |
| II | 1356 1372 7946 | Analisi matematica II Fisica generale II Fondamenti di informatica II | 8082 6798 1381 | Elettrotecnica Fisica tecnica Meccanica razionale |
| III | 6372 5579 4115 | Analisi matematica III Reti logiche Teoria dei sistemi | 192 3694 2438 | Comunicazioni elettriche Controlli automatici I Elettronica applicata I |
| IV | 10383 2439 884 | Calcolatori elettronici I Elettronica applicata II Ricerca operativa | 1386 | Misure elettroniche |
| V | 251 | Economia ed organizzazione aziendale | | |
| INDIRIZZI DEI PIANI DI STUDIO | | | | |
| 1) AUTOMATICA E SISTEMI DI AUTOMAZIONE INDUSTRIALE | | | | |
| IV | | | 4126 8073 | Controllo dei processi Meccanica applicata alle macchine |
| V | 5974 3695 3027 10413 11145 | Ingegneria e tecnologia dei sistemi di controllo Controlli automatici II Elettronica industriale Sensori e trasduttori Reti di calcolatori | (*) Almeno 1 fra i seguenti: 10411 11146 Altri insegnamenti a scelta 10384 7158 10386 10416 | Insegnamento a scelta (*) Insegnamento a scelta Automazione industriale Robotica industriale Ottimizzazione combinatoria Calcolatori elettronici II Intelligenza artificiale Modellistica dei sistemi elettromeccanici Organizzazione della produzione e dei sistemi logistici |
| Oppure: qualunque altro Insegnamento incluso nei Piani di studio del Settore dell'Ingegneria dell'Informazione | | | | |
| 2) SISTEMI ED APPLICAZIONI INFORMATICI | | | | |
| IV | | | 10394 10384 | Sistemi informativi I Calcolatori elettronici II |
| V | | Insegnamento a scelta (*) Insegnamento a scelta (*) | (*) Almeno tre fra i seguenti 7158 9032 8073 10392 11149 | Insegnamento a scelta (*) Insegnamento a scelta (*) Intelligenza artificiale Ingegneria del software Meccanica applicata alle macchine Sistemi di elaborazione Sistemi informativi II |
| | 10408 11145 | Linguaggi e traduttori Reti di calcolatori | | |

(segue)

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA - CODICE 2108 | | | | |
|---|---------|---|---------|---|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| | | Altri Insegnamenti a scelta | | |
| | 10907 | Elettronica dei sistemi digitali | | Ottimizzazione combinatoria |
| | 1677 | Gestione aziendale | 11132 | Architettura dei sistemi integrati |
| | 5574 | Ingegneria e tecnologia dei sistemi di controllo | 10416 | Organizzazione della produzione e dei sistemi logistici |
| | | | 10390 | Reti di telecomunicazioni |
| | | Oppure: qualunque altro Insegnamento incluso nei piani di studio del Settore dell'Ingegneria dell'informazione | | |
| PIANO DI STUDI CON ORIENTAMENTO GESTIONALE | | | | |
| IV | | | 10394 | Sistemi informativi I Ottimizzazione combinatoria |
| V | | Insegnamento a scelta (*) Insegnamento a scelta (*) | 11149 | Sistemi informativi II Insegnamento a scelta (*) |
| | | (*) Almeno due fra i seguenti: | | |
| | 10409 | Linguaggi e traduttori | 7158 | Intelligenza artificiale |
| | | | 8073 | Meccanica applicata alle macchine |
| | | | 10416 | Organizzazione della produzione e dei sistemi logistici |
| | | Altri Insegnamenti a scelta | | |
| | 1677 | Gestione aziendale | 10411 | Automazione industriale |
| | 5574 | Ingegneria e tecnologia dei sistemi di controllo | 10384 | Calcolatori elettronici II |
| | | Oppure qualunque altro Insegnamento incluso nei Piani di studio del Settore dell'Ingegneria dell'Informazione. | | |

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA - CODICE 2109 | | | | |
|---|--|--|---|---|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| I | 1350 9758 | Analisi matematica I Disegno tecnico industriale | 1358 1367 9757 | Chimica Fisica generale I Geometria ed algebra |
| II | 1354 1371 | Analisi matematica II Fisica generale II | 9730 1379 | Fondamenti di informatica Meccanica razionale |
| III | 6794 6796 6801 | Elettrotecnica Fisica tecnica Scienza delle costruzioni | 687 4294 1037 | Meccanica applicata alle macchine Meccanica dei fluidi (*) Tecnologia meccanica |
| (*) Insegnamento anticipabile dallo studente al II anno II ciclo, a presentazione di Piano di studi; con l'avvertenza che in tal caso l'iscrizione al IV anno sarà condizionata dal superamento anche dell'esame «4294». | | | | |
| IV | 196 670 1140 | Controlli automatici Macchine utensili Misure meccaniche termiche e collaudi | 201 9268 2078 | Costruzione di macchine Economia e organizzazione aziendale Macchine I |
| 1 Insegnamento a scelta (**) | | | | |
| V | 517 | Impianti meccanici | | |
| 6 Insegnamenti a scelta (**) | | | | |
| (**) Dei sette Insegnamenti a scelta, sei sono obbligatori dell'Indirizzo prescelto e uno può essere scelto fra tutti quelli attivati nel Corso di laurea, preferibilmente fra quelli consigliati nell'Indirizzo Il numero complessivo di Insegnamenti a scelta è diminuito di una unità per chi ha già eseguito una scelta al II anno prima dell'anno accademico 93/94. | | | | |
| INDIRIZZI | | | | |
| 1) AUTOMAZIONE INDUSTRIALE E ROBOTICA | | | | |
| 10352 667 10415 10414 | Azionamenti elettrici (IV) Macchine II (V) Meccanica dei robot (V) Costruzione di macchine automatiche e robot (V) | 10296 4710 | Logistica industriale (V) Meccanica delle vibrazioni (V) | |
| 1 Insegnamento a scelta (*) preferibilmente fra i seguenti | | | | |
| 3726 886 | Disegno di macchine (IV) Scienza dei metalli (V) | 11164 10416 | Costruzione di macchine II (V) Organizzazione della produzione e dei sistemi logistici (V) Tecnologie di chimica applicata (IV) | |
| (*) Fra tutti quelli attivati nel Corso di laurea | | | | |
| 2) COSTRUZIONI | | | | |
| 3726 667 10414 | Disegno di macchine (IV) Macchine II (V) Costruzione di macchine automatiche e robot (V) | 4117 11164 4710 | Analisi sperimentale delle tensioni (V) Costruzione di macchine II (V) Meccanica delle vibrazioni (V) | |
| 1 Insegnamento a scelta (*) preferibilmente fra le seguenti | | | | |
| 02 10382 11352 886 2121 | Aerodinamica (V) Azionamenti elettrici (IV) Principi e metodologie della progettazione meccanica (V) Scienza dei metalli (V) Tecnologie generali dei materiali (IV) Meccanica dei robot (V) | | Tecnologie di chimica applicata (IV) | |
| (*) Fra tutti quelli attivati nel corso di laurea | | | | |

(segue)

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA - CODICE 2109 | | | | |
|---|---------|---|--------------------------------|--|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| | | 3) ENERGIA | | |
| | 667 | Macchine II (V) | 10419 10420 92 8081 | Dinamica e controllo delle macchine (V) Impianti industriali (V) Tecnologie di chimica applicata (IV) Turbomacchine (V) |
| | | I Insegnamento annuale fra i tre seguenti | | |
| | 11352 | Principi e metodologie della progettazione meccanica | 4117 | Analisi sperimentale delle tensioni (V) |
| | 10414 | Costruzione di macchine automatiche | | |
| | | I Insegnamento annuale a scelta (*) preferibilmente fra i seguenti: | | |
| | 02 | Aerodinamica (V) | 4766 | Impianti speciali (V) |
| | 3726 | Disegno di macchine (IV) | 11168 | Interazione fra le macchine e l'ambiente (IV) |
| | 0886 | Scienza dei metalli (V) | | |
| | 1059 | Termotecnica del reattore (V) | 710 | Meccanica delle vibrazioni (V) |
| | | Ingegneria delle materie prime (V) | | Elettronica applicata (V) (**) |
| | 11352 | Principi e metodologie della progettazione meccanica (V) | | |
| | | (*) Fra tutti quelli attivati nel Corso di laurea | | |
| | | (**) Insegnamento costituito dall'insieme delle due parti di Elettronica applicata presenti nei seguenti due Insegnamenti semestrali tenuti in serie: | | |
| | | 10425 Elettronica applicata + Controlli automatici I (C.d.l. ing. nucleare, III anno) | | |
| | | 10401 Elettronica applicata + Controlli automatici II (C.d.l. ing. nucleare, IV anno) | | |
| | | 4) MATERIALI | | |
| | 667 | Macchine II (V) | 4117 | Analisi sperimentale delle tensioni (V) |
| | 0886 | Scienza dei metalli (V) | 11164 | Costruzione di macchine II (V) |
| | 2121 | Tecnologie generali dei materiali (IV) | | Tecnologie di Chimica applicata (IV) |
| | | I Insegnamento annuale a scelta (*) preferibilmente fra le seguenti | | |
| | 0382 | Azionamenti elettrici (IV) | 4766 | Impianti speciali (V) |
| | 3726 | Disegno di macchine (IV) | | |
| | 2235 | Scienza dei materiali (V) | | |
| | 11352 | Principi e metodologie della progettazione meccanica (V) | | |
| | | (*) Fra tutti quelli attivati nel Corso di laurea | | |
| | | 5) PRODUZIONE | | |
| | 10414 | Costruzione di macchine automatiche e robot (V) | 10420 | Impianti industriali (V) |
| | 667 | Macchine II (V) | | |
| | | 2 Insegnamenti fra i seguenti 3: | | |
| | 2121 | Tecnologie generali dei materiali (IV) | 4766 10421 4146 11173 | Impianti speciali (V) Servizi generali di impianto (V) Strumentazione industriale (V) Studi di fabbricazione (V) |
| | | <i>oppure</i> | | |
| | | I Insegnamento annuale a scelta (*) preferibilmente fra i seguenti | | |
| | 3726 | Disegno di macchine (IV) | 4766 | Impianti speciali (V) |
| | 886 | Scienza dei metalli (V) | 10269 | Logistica industriale (V) |
| | 2121 | Tecnologie generali dei materiali (IV) | 10416 | Organizzazione della produzione e dei sistemi logistici (V) |
| | 10415 | Meccanica dei robot | 10421 4146 11173 | Servizi generali di impianto (V) Strumentazione e automazione industriale (V) Studi di fabbricazione Tecnologie di chimica applicata (IV) |
| | | (*) Fra tutti quelli attivati nel Corso di laurea | | |

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA - CODICE 2109 | | | | |
|---|---------|--|--|---|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| 5) ORIENTAMENTO TRASPORTI | | | | |
| | 1031 | Tecnica ed economia dei trasporti (IV) | 11164 | Costruzione di macchine II (V) |
| | 667 | Macchine II (V) | 4710 | Meccanica delle vibrazioni (V) |
| | 10422 | Progettazione di sistemi di trasporto (V) | 6776 | Sistemi di trazione (V) |
| 1 Insegnamento annuale a scelta (*) preferibilmente fra i seguenti: | | | | |
| | 02 | Aerodinamica (V) | 4117 | Analisi sperimentale delle tensioni (V) |
| | 10382 | Azionamenti elettrici (IV) | 10269 | Logistica industriale (V) |
| | 3726 | Disegno di macchine (IV) | | Tecnologie di chimica applicata (IV) |
| | 886 | Scienza dei metalli (V) | 11177 | Teoria e tecnica della circolazione (V) |
| (*) Fra tutti quelli attivati nel Corso di laurea | | | | |
| EQUIVALENZE DEGLI INSEGNAMENTI | | | | |
| | | VECCHIO ORDINAMENTO | NUOVO ORDINAMENTO | |
| | | Fisica I Fisica II Chimica applicata Strumentazione industriale Valorizzazione delle materie prime | Fisica generale I Fisica generale II Tecnologie di chimica applicata Strumentazione e automazione industriale Ingegneria delle materie prime | |

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA NUCLEARE - CODICE 2110 | | | | |
|---|---|---|---|--|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| I | 1351 9758 | Analisi matematica I Disegno tecnico industriale | 1359 1368 9757 | Chimica Fisica generale I Geometria ed algebra |
| II | 1355 1371 | Analisi matematica II Fisica generale II | 422 9730 1380 | Fisica nucleare Fondamenti di informatica Meccanica razionale |
| III | 8082 422 6801 | Elettrotecnica Fisica nucleare Scienza delle costruzioni | 2438 3694 1385 | Elettronica applicata I (sem.) Controlli automatici I (sem.) Meccanica applicata alle macchine Metodi numerici per i reattori nucleari |
| IV | 1384 7944 | Costruzione di macchine Fondamenti di fisica dei reattori a fissione e a fusione | 9268 4313 | Economia ed organizzazione aziendale Macchine |
| 2 Insegnamenti di Orientamento a scelta | | | | |
| V | 517 1059 | Impianti nucleari Termotecnica del reattore | 730 11194 | Misura delle radiazioni e protezione Tecnologie e applicazioni nucleari |
| 3 Insegnamenti di Orientamento a scelta | | | | |
| ORIENTAMENTI | | | | |
| 1) IMPIANTISTICO-COSTRUTTIVO | | | | |
| | 10382 942 11352 11351 10391 | Azionamenti elettrici (V) Chimica fisica dei materiali solidi (IV) Principi e metodologie della progettazione meccanica (V) Progetti e costruzioni nucleari (V) Sicurezza e analisi di rischio (IV) | 12086 7972 1044 | Compatibilità elettromagnetica per l'ingegneria industriale (V) Energetica e sistemi nucleari (V) Localizzazione degli impianti energetici I (sem.) (V) Tecnologia dei materiali nucleari (V) |
| 2) INGEGNERIA FISICA E MODELLISTICA | | | | |
| | 7942 10008 | Chimica fisica dei materiali solidi (IV) Magnetofluidodinamica applicata (V) | 2439 3695 4140 11193 11181 | Elettronica applicata II (sem.) (IV) Controlli automatici II (sem.) (IV) Neutronica applicata (V) Reattori nucleari avanzati (V) Trasporto di particelle e di radiazioni (IV) |
| EQUIVALENZE DEGLI INSEGNAMENTI | | | | |
| VECCHIO ORDINAMENTO | | | NUOVO ORDINAMENTO | |
| Affidabilità e controllo della qualità Elementi di fisica dei reattori a fissione e a fusione Fisica I Fisica II Modelli numerici per i reattori nucleari Strumentazione industriale | | | Affidabilità e controllo di qualità Fondamenti di fisica dei reattori a fissione e a fusione Fisica generale I Fisica generale II Metodi numerici per i reattori nucleari Strumentazione e automazione industriale | |

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO - CODICE 2111 | | | | |
|--|-------------------------------|--|---------------------------------|--|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| I | 1349 9758 | Analisi matematica I Disegno tecnico industriale (*) | 1358 1366 9757 | Chimica Fisica generale I Geometria ed algebra |
| (*) Sostituibile con «Disegno» nell'Indirizzo «PIANIFICAZIONE E GESTIONE TERRITORIALE» | | | | |
| II | 1353 1370 11703 7943 | Analisi matematica II Fisica generale II Tecnologie di Chimica applicata (sem.) (*) Elementi di ecologia (sem.) | 9268 9730 1378 | Economia e organizzazione aziendale Fondamenti di informatica Meccanica razionale |
| (*) Sostituibile con «Elementi di termodinamica dell'ingegneria chimica: bilanci di materia e di energia (sem.)» nell'Indirizzo AMBIENTE | | | | |
| III | 890 275 465 490 | Scienza delle costruzioni (estensivo) Elettrotecnica (sem.) Fisica tecnica ambientale Geologia applicata I (*) Idraulica | 464 11169 | Geologia (**) Macchine (sem.) |
| (*) Per gli studenti degli indirizzi «AMBIENTE» e «PIANIFICAZIONE E GESTIONE TERRITORIALE» (**) Per gli studenti degli indirizzi «GEORISORSE», «GEOTECNOLOGIE» e «DIFESA DEL SUOLO» | | | | |
| 1 Insegnamento di Indirizzo | | | | |
| IV | 4114 | Meccanica delle rocce | 6804 | Topografia |
| 4 Insegnamenti di Indirizzo | | | | |
| V | 6 Insegnamenti di Indirizzo | | | |
| 1) INDIRIZZO AMBIENTE | | | | |
| III | | | 279 | Elettrotecnica II (sem.) Diritto dell'ambiente (sem.) |
| IV | 11139 | Ingegneria sanitaria ambientale (estensivo) Idrologia | 10402 | Principi di ingegneria chimica ambientale |
| 1 Insegnamento d'Orientamento a scelta | | | | |
| V | 11137 8702 | Ingegneria chimica ambientale Pianificazione territoriale | 11711 | Modellistica e controllo dei sistemi ambientali |
| 3 Insegnamenti d'Orientamento a scelta | | | | |
| A) ORIENTAMENTO INGEGNERIA DI PROCESSO | | | | |
| | 9941 137 | Analisi di sicurezza nell'industria di processo (V) Chimica industriale (V) | 4135 11143 11174 10426 | Idrogeologia applicata (sem.) (IV) Processi biotecnologici ambientali (IV) Tecnica della sicurezza ambientale (IV) Analisi strumentale e controllo dei materiali (IV) |
| B) ORIENTAMENTO INGEGNERIA SANITARIA | | | | |
| | 2006 11710 7947 206 | Acquedotti e fognature (sem.) (V) Ingegneria sanitaria ambientale II (V) Meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem.) (IV) Ingegneria delle materie prime (V) Costruzioni idrauliche (estensivo) | 1724 4135 | Gestione delle risorse idriche (sem.) (IV) Idrogeologia applicata (sem.) (IV) |

(segue)

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO - CODICE 2111 | | | | |
|--|--|---|---|--|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| C) ORIENTAMENTO INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME | | | | |
| | 137 | Chimica industriale (V) | 11702 | Cave e recupero ambient. (V) |
| | 7947 | Meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem.) (IV) | 4135 | Idrogeologia applicata (sem.) (IV) |
| | 1 | Ingegneria delle materie prime (V) | 11168 | Interazione fra le macchine e l'ambiente (V) |
| D) ORIENTAMENTO BIOTECNOLOGIA AMBIENTALE | | | | |
| | 9941 | Analisi di sicurezza nell'industria di processo (V) | 8127 | Biochimica industriale (IV) |
| | 148 | Chimica organica (IV) | 11143 | Processi biotecnologici ambientali (V) |
| E) ORIENTAMENTO COSTRUZIONI AMBIENTALI | | | | |
| | 206 | Costruzioni idrauliche (estensivo) (V) | 11702 | Cave e recupero ambientale (V) |
| | 1026 | Tecnica delle costruzioni (estensivo) (IV) | 4125 | Consolidamento dei terreni (V) |
| 2. INDIRIZZO DIFESA DEL SUOLO | | | | |
| III | | | | Diritto dell'ambiente (sem.) |
| IV | 11139 9074 10203 | Ingegneria sanitaria ambientale (estensivo) Tecnica delle costruzioni (estensivo) Geotecnica (estensivo) Idrologia | | |
| V | 206 7947 1172 454 8702 1656 | Costruzioni idrauliche (estensivo) Meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem.) Protezione idraulica del territorio (V) 2 Insegnamenti a scelta fra: Geofisica applicata (V) Pianificazione territoriale Fotogrammetria | 11711 1019 11702 4125 1724 4135 11174 | Modellistica e controllo dei sistemi ambientali Tecnica dei sondaggi Geostatistica applicata (sem.) Cave e recupero ambientale (V) Consolidamento dei terreni (V) Gestione delle risorse idriche (sem.) (V) Idrogeologia applicata (sem.) (V) Tecnica della sicurezza ambientale (sem.) (V) |
| 3. INDIRIZZO GEORISORSE | | | | |
| III | 5725 | Mineralogia e petrografia | | |
| IV | 482 | Giacimenti minerari | 54 | Arte mineraria |
| 2 Insegnamenti a scelta | | | | |
| V | 454 | Ingegneria delle materie prime Geofisica applicata | 11706 1019 1138 | Diritto dell'ambiente (sem.) Tecnica dei sondaggi Ingegneria dei giacimenti di idrocarburi |
| 1,5 Insegnamenti a scelta | | | | |
| A) ORIENTAMENTO MINERE E CAVE | | | | |
| | 516 | Impianti minerari (IV) | 11702 | Cave e recupero ambient. (V) |
| | 7947 | Meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem.) (IV) | 4135 | Idrogeologia applicata (sem.) (IV) Geostatistica applicata (sem.) (IV) |
| B) ORIENTAMENTO IDROCARBURI E FLUIDI ENDOGENI | | | | |
| | 7947 | Meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem.) (IV) | 4135 | Idrogeologia applicata (sem.) (IV) |
| | 816 | Produzione e trasporto degli idrocarburi (V) | 731 | Misure e controllo nei giacimenti di idrocarburi (V) Geostatistica applicata (sem.) (IV) |

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO - CODICE 2111 | | | | |
|--|--|---|--|---|
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| 4) INDIRIZZO GEOTECNOLOGIE | | | | |
| III | 5725 | Mineralogia e petrografia | | |
| IV | 10203 7947 9047 | Geotecnica (estensivo) Meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem.) Tecnica delle costruzioni (estensivo) | | Diritto dell'ambiente |
| 1 Insegnamento a scelta | | | | |
| V | 454 | Geofisica applicata | 12090 1019 | Ingegneria degli scavi Tecnica dei sondaggi |
| 3 Insegnamenti a scelta | | | | |
| Insegnamenti a scelta: | | | | |
| | 204 1656 | Costruzione di strade, ferrovie e aeroporti (V) Fotogrammetria (V) Impianti minerari (IV) Ingegneria delle materie prime (V) Ingegneria del territorio (V) Consolidamento dei terreni (V) (estensivo) Costruzioni idrauliche (V) (estensivo) | 11702 4135 | Cave e recupero ambientale (V) Geostatica applicata (sem.) (IV) Idrogeologia applicata (sem.) (IV) Strutture di fondazione (sem.) (V) |
| 5) INDIRIZZO PIANIFICAZIONE E GESTIONE TERRITORIALE | | | | |
| III | | Pianificazione territoriale | | |
| IV | 11139 9047 1034 | Ingegneria sanitaria ambientale (estensivo) Tecnica delle costruzioni (estensivo) Tecnica urbanistica (estensivo) | 1724 11174 | Gestione delle risorse idriche (sem.) Tecnica della sicurezza ambientale |
| V | 204 1031 7950 1656 11162 | Costruzione di strade, ferrovie e aeroporti Tecnica ed economia dei trasporti Tecniche di analisi urbane e territoriali Fotogrammetria (V) Analisi di sicurezza nell'industria di processo (V) Ingegneria del territorio (V) Costruzioni idrauliche (estensivo) (V) | 11168 11702 1019 | Diritto dell'ambiente 2 Insegnamenti a scelta fra: Interazione fra le macchine e l'ambiente (V) Cave e recupero ambientale (V) Tecnica dei sondaggi (V) |
| EQUIVALENZE DEGLI INSEGNAMENTI | | | | |
| | | VECCHIO ORDINAMENTO | NUOVO ORDINAMENTO | |
| | | Chimica applicata Diritto dell'assetto territoriale Diritto minerario Fisica I Fisica II Fisica tecnica + tecnica del controllo ambientale (int.) Idrologia tecnica Meccanica applicata alle macchine + macchine (int.) Valorizzazione delle materie prime | Tecnologie di chimica applicata Diritto dell'ambiente Diritto dell'ambiente Fisica generale I Fisica generale II Fisica tecnica ambientale Idrologia Macchine Ingegneria delle materie prime | |

| CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE - CODICE 2118 | | | | |
|---|--|--|--|---|
| sede di Reggio Emilia c/o Reggio Città Studi SpA via Kennedy 57 - 42100 Reggio Emilia tel. 0522/383232 - fax 0522/304217 | | | | |
| Anno di corso | N. COD. | I CICLO | N. COD. | II CICLO |
| I | 1350 1358 9730 | Analisi matematica I Chimica Fondamenti di informatica | 1367 9757 | Fisica generale I Geometria e algebra |
| II | 1354 1371 | Analisi matematica II Fisica generale II | 256 6794 1379 | Economia politica Elettrotecnica Meccanica razionale |
| III | 430 687 11716 | Fisica tecnica (sem.) Meccanica applicata alle macchine Sistemi di controllo di gestione + Sistemi organizzativi (integrato) | 196 10420 884 11354 | Controlli automatici Impianti industriali Ricerca operativa Scienza delle costruzioni (sem.) |
| IV | 270 4313 9679 | Elettronica Macchine Sistemi informativi | 201 4521 1165 11173 | Costruzione di macchine (sem.) Finanza aziendale Gestione dell'energia (sem.) Studi di fabbricazione |
| V | 9941 10269 | Analisi di sicurezza nell'industria di processo Logistica industriale Insegnamento a scelta | 1677 | Gestione aziendale Insegnamenti a scelta Insegnamento a scelta |
| | | Insegnamenti a scelta Affidabilità e sicurezza delle costruzioni meccaniche Controllo dei processi Gestione dell'innovazione e dei progetti Gestione degli impianti industriali Metodi e modelli per il supporto alle decisioni Organizzazione della produzione e dei sistemi logistici Sistemi informativi + Reti di telecomunicazione (integrato) | | |
| EQUIVALENZE DEGLI INSEGNAMENTI | | | | |
| | VECCHIO ORDINAMENTO | | NUOVO ORDINAMENTO | |
| | Economia e gestione dell'innovazione Elettronica applicata Fisica I Fisica II | | Gestione dell'innovazione e dei progetti Elettronica Fisica generale I Fisica generale II | |

ELENCO DEGLI INSEGNAMENTI DELLA FACOLTÀ

Legenda:

— i numeri fra parentesi identificano il Corso di laurea:

21(01) — Ingegneria chimica

21(02) — Ingegneria civile

21(03) — Ingegneria delle telecomunicazioni

21(04) — Ingegneria edile

21(05) — Ingegneria elettrica

21(06) — Ingegneria elettronica

21(07) — Ingegneria gestionale con sede a Bologna

21(08) — Ingegneria informatica

21(09) — Ingegneria meccanica

21(10) — Ingegneria nucleare

21(11) — Ingegneria per l'ambiente e il territorio

21(18) — Ingegneria gestionale con sede a Reggio-Emilia

— «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.

| Codice | Denominazione | Docente | pag. |
|--------|---|----------------|------|
| 2006 | Acquedotti e fognature (sem.) (11) | S. Pilati | 364 |
| 7434 | Acustica applicata (04) | M. Garai | 218 |
| 02 | Aerodinamica (02) (09) | G. Scarpi | 146 |
| 12087 | Affidabilità e controllo di qualità (07) | M. Rinaldi | 410 |
| | Affidabilità e diagnostica dei sistemi elettrici (05) | G.C. Montanari | 248 |
| 11131 | Affidabilità e diagnostica di componenti e di circuiti elettronici (06) | B. Riccò | 457 |
| | Affidabilità e sicurezza delle costruzioni meccaniche (18) | S. Curioni | 435 |
| 9941 | Analisi di sicurezza nell'industria di processo (01) (11) (18) | G. Spadoni | 106 |
| 1349 | Analisi matematica I (02) (04) | P.L. Papini | 146 |
| 1350 | Analisi matematica I (18) | G. Dore | 435 |
| 1352 | Analisi matematica I (informaz. e 07, A-D) (05) | S. Matarasso | 458 |
| 1352 | Analisi matematica I (informaz. e 07 E-O) | S. Abenda | 458 |
| 1352 | Analisi matematica I (informaz. e 07, P-Z) (01) | G. Citti | 458 |
| 1350 | Analisi matematica I (09 A-S) | E. Obrecht | 286 |
| 1350 | Analisi matematica I (09 T-Z) (10) (11) | G. Dore | 337 |
| 1353 | Analisi matematica II (02) (04) | G. Citti | 146 |

| Codice | Denominazione | Docente | pag. |
|--------|---|---------------------|------|
| 1354 | Analisi matematica II (18) | B. Franchi | 436 |
| 1356 | Analisi matematica II (informaz. e 07, A-D) (01) | S. Matarasso | 460 |
| 1354 | Analisi matematica II (informaz. e 07, E-Z) (05) | C. Pontini | 460 |
| 1354 | Analisi matematica II (09 A-S) | E. Obrecht | 287 |
| 1354 | Analisi matematica II (09 T-Z) (10) (11) | G. Dore | 337 |
| 6372 | Analisi matematica III (informaz. A-K) | G.C. Barozzi | 461 |
| 6372 | Analisi matematica III (informaz. L-Z) | D. Guidetti | 461 |
| 4524 | Analisi numerica (03) (06) | F. Sgallari | 462 |
| 4117 | Analisi sperimentale delle tensioni (06) (09) | A. Freddi | 288 |
| 10426 | Analisi strumentale e controllo dei materiali (sem.) (11) | G. Timellini | 365 |
| 11132 | Architettura dei sistemi integrati (06) (08) | R. Guerrieri | 464 |
| 50 | Architettura e composizione architettonica I (02) (04) | G. Braghieri | 147 |
| 3870 | Architettura e composizione architettonica II (04) | G. Praderio | 222 |
| 51 | Architettura tecnica (02) | C. Comani | 147 |
| 2114 | Architettura tecnica I (04) | M. Biolcati Rinaldi | 222 |
| 2214 | Architettura tecnica II (04) | F. Selva | 223 |
| 54 | Arte mineraria (11) | P. Berry | 366 |
| 1679 | Automazione ed organizzazione sanitaria (06) | C. Lamberti | 465 |
| 10411 | Automazione industriale (05) (07) | G. Basile | 249 |
| 10411 | Automazione industriale (06) (08) | G. Masotti | 466 |
| 10382 | Azionamenti elettrici (05) | F. Profumo | 250 |
| 10352 | Azionamenti elettrici (09) (10) | D. Casadei | 289 |
| 8127 | Biochimica industriale (01) (11) | F. Fava | 107 |
| 7940 | Bioingegneria I (06) | G. Gnudi | 467 |
| 10412 | Bioingegneria II (06) | A. Cappello | 469 |
| 11133 | Bioingegneria III (06) | E. Belardinelli | 471 |
| 10383 | Calcolatori elettronici I (informaz. A-K) | G. Neri | 473 |
| 10383 | Calcolatori elettronici I (informaz. L-Z) | T. Salmon Cinotti | 473 |
| 10384 | Calcolatori elettronici II (informaz.) | M. Boari | 473 |
| 9939 | Calcolo numerico e programmazione (02) | F. Sgallari | 147 |
| 7941 | Campi elettromagnetici (03 A-K) (06 A-K) | G.C. Corazza | 474 |
| 7941 | Campi elettromagnetici (03 L-Z) (06 L-Z) | V. Rizzoli | 474 |
| | Caratteri distributivi e costruttivi degli edifici (02) | G. Giacobazzi | 148 |
| | Caratteri costruttivi e distributivi degli edifici (04) | A.C. Dell'Acqua | 224 |
| 11702 | Cave e recupero ambientale (11) | P. Berry | 368 |
| 1360 | Chimica (01) | C. Berti | 109 |
| 1357 | Chimica (02, 09 P-Z, 10) | A. Munari | 150 |
| 1359 | Chimica (04) | G. Milani | 226 |
| 1358 | Chimica (18) | A. Munari | 436 |
| 1361 | Chimica (informaz. e 07 A-D) (05) | F. Zignani | 475 |
| 1361 | Chimica (informaz. e 07 E-O) | M. Poloni | 475 |
| 1361 | Chimica (informaz. e 07 P-Z) | A. Desalvo | 475 |
| 1358 | Chimica (09 A-O) | B. Fortunato | 290 |
| | Chimica (11) | M. Toselli | 369 |

| Codice | Denominazione | Docente | pag. |
|--------|--|-----------------|------|
| 7942 | Chimica fisica dei materiali solidi (06) | R. Colle | 477 |
| 7942 | Chimica fisica dei materiali solidi (10) | D. Nobili | 337 |
| 137 | Chimica industriale (01) (11) | C. Stramigioli | 111 |
| 148 | Chimica organica (01) (11) | L. Marchetti | 113 |
| 12562 | Cinetica chimica (01) | A. Vaccari | 111 |
| 12086 | Compatibilità elettromagnetica industriale (05) (10) | I. Montanari | 252 |
| | Componenti e tecnologie elettriche (05) | G.C. Montanari | 251 |
| 12660 | Composizione e progettazione urbana (04) | C. Porrino | 228 |
| 192 | Comunicazioni elettriche (07) | C. Corazza | 411 |
| 192 | Comunicazioni elettriche (informaz. A-K) | L. Calandrino | 479 |
| 192 | Comunicazioni elettriche (informaz. L-Z) | C. Caini | 479 |
| 4125 | Consolidamento dei terreni (02) (11) | A. Lembo Fazio | 150 |
| 7681 | Controlli automatici (03 A-K) (06 A-K) | E. Sarti | 480 |
| 7681 | Controlli automatici (03 L-Z) (06 L-Z) | G. Capitani | 480 |
| 196 | Controlli automatici (05) | F. Terragni | 253 |
| 196 | Controlli automatici (07) | U. Soverini | 413 |
| 196 | Controlli automatici (09) | G. Marro | 291 |
| 196 | Controlli automatici (18) | A. Tonielli | 437 |
| 3496 | Controlli automatici I (informaz.) | G. Bertoni | 481 |
| 3695 | Controlli automatici II (informaz.) | M. Tibaldi | 482 |
| | Controlli automatici I (sem.) (10) | E. Penati | 338 |
| 12648 | Controlli automatici II (sem.) (10) | E. Penati | 339 |
| 4126 | Controllo dei processi (01) (06) (07) (08) (18) | C. Bonivento | 484 |
| | Conversione statica dell'energia (sem.) (05) | | 255 |
| 1384 | Costruzione di macchine (01) | V. Dal Re | 114 |
| 201 | Costruzione di macchine (09) | G. Bartolazzi | 293 |
| 1384 | Costruzione di macchine (10) | S. Curioni | 339 |
| 201 | Costruzione di macchine (sem.) (07) (18) | E. Dragoni | 414 |
| 10414 | Costruzione di macchine automatiche e robot (09) | G. Vassura | 294 |
| 11164 | Costruzione di macchine II (09) | P.G. Molari | 295 |
| 204 | Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti (02) (11) | A. Bucchi | 131 |
| 5602 | Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti II (02) | G. Dondi | 152 |
| 206 | Costruzioni idrauliche (02) (11) | A. Brath | 154 |
| 11704 | Costruzioni in zona sismica (02) | P.P. Diotallevi | 156 |
| 2424 | Costruzioni marittime (02) | A. Lamberti | 157 |
| 11705 | Costruzioni in zona sismica + Ingegneria del territorio (integrato) (02) | G. Salizzoni | |
| 6200 | Dinamica delle strutture (02) | E. Viola | 158 |
| 8545 | Dinamica e controllo dei processi chimici (01) | G. Pasquali | 115 |
| 10419 | Dinamica e controllo delle macchine (09) | P. Pelloni | 296 |
| | Diritto dell'ambiente (sem.) (11) | D. Bortolotti | 372 |
| 1362 | Disegno (02) | O. Marinoni | 160 |
| 1362 | Disegno (04) | R. Mingucci | 228 |
| 1363 | Disegno di macchine (09) | M. Borghi | 296 |

| Codice | Denominazione | Docente | pag. |
|--------|---|-----------------|------|
| 3656 | Disegno II (02) (04) | A. Pratelli | 161 |
| 9758 | Disegno tecnico industriale (01) (10) (11) | G. Caligiana | 116 |
| 9758 | Disegno tecnico industriale (09) | L. Piancastelli | 297 |
| 6183 | Economia applicata all'ingegneria (05) | N. Luciani | 256 |
| 9268 | Economia ed organizzazione aziendale (01) (09) (10) (11) | A. Zanoni | 113 |
| 251 | Economia ed organizzazione aziendale (informaz. A-K) | M. Longo | 485 |
| 251 | Economia ed organizzazione aziendale (informaz. L-Z) | A. Grandi | 485 |
| 256 | Economia politica (07) | A. Romagnoli | 415 |
| 256 | Economia politica (18) | A. Romagnoli | 438 |
| 4839 | Economia regionale (04) | P. Secondini | 228 |
| 11134 | Elaborazione di dati e segnali biomedici (06) | M. Ursino | 487 |
| 10406 | Elaborazione ottica dei segnali (06) (03) | P. Bassi | 488 |
| 7943 | Elementi di ecologia (sem.) (11) | A.L. Zanotti | 374 |
| | Elementi di termodinamica dell'ingegneria chimica (sem.) (01) | C. Stramigioli | 118 |
| | Elettronica (05) | V.A. Monaco | 258 |
| | Elettronica (07) | M. Rudan | 417 |
| | Elettronica applicata (18) | M. Rudan | 438 |
| 2438 | Elettronica applicata I (informaz. A-K) | S. Graffi | 490 |
| 2438 | Elettronica applicata I (informaz. L-Z) | P.U. Calzolari | 490 |
| 2439 | Elettronica applicata II (informaz. A-K) | B. Riccò | 492 |
| 2439 | Elettronica applicata II (informaz. L-Z) | G. Masetti | 492 |
| 10907 | Elettronica dei sistemi digitali (03) (06) (08) | G. Baccarani | 493 |
| | Elettronica delle telecomunicazioni (03) (06) | V.A. Monaco | 494 |
| 8862 | Elettronica dello stato solido (03) (06) | M. Rudan | 494 |
| 2037 | Elettronica industriale (03) (05) (06) (08) | F. Filicori | 258 |
| 10425 | Elettronica applicata I (07) (09) (10) | A. Gnudi | 300 |
| | Elettronica applicata II (07) (09) (10) | A. Gnudi | 301 |
| 6793 | Elettrotecnica (01) | M.L. Ambrosini | 119 |
| 6794 | Elettrotecnica (07) | F. Negrini | 417 |
| 6794 | Elettrotecnica (09) | R. Sacchetti | 301 |
| 8082 | Elettrotecnica (10) | F. Negrini | 341 |
| 6794 | Elettrotecnica (18) | I. Montanari | 439 |
| 275 | Elettrotecnica (informaz. A-D) | F. Ciampolini | 496 |
| 275 | Elettrotecnica (informaz. E-O) | P.R. Ghigi | 496 |
| 275 | Elettrotecnica (informaz. P-Z) | M. Martelli | 496 |
| 275 | Elettrotecnica (sem.) (02, A-K) (11, A-K) | F. Filippetti | 162 |
| 275 | Elettrotecnica (sem.) (02, L-Z) (11, L-Z) | R. Miglio | 162 |
| 279 | Elettrotecnica II (sem.) (02) (11) | F. Filippetti | 164 |
| 7972 | Energetica e sistemi nucleari (10) | M. Spiga | 343 |
| 2429 | Estimo (sem.) (02) (07) (04) | A. Corlaita | 164 |
| 4521 | Finanza aziendale (07) (18) | S. Sandri | 418 |

| Codice | Denominazione | Docente | pag. |
|--------|---|----------------|------|
| 1366 | Fisica generale I (01) (11) | A. Zoccoli | 120 |
| 1366 | Fisica generale I (04) | I. Massa | 230 |
| 1367 | Fisica generale I (18) | G. Cambi | 442 |
| 1369 | Fisica generale I (informaz. e 07, A-D) (05) | A. Bertin | 497 |
| 1369 | Fisica generale I (informaz. e 07, E-O) | A. Uguzzoni | 497 |
| 1369 | Fisica generale I (informaz. e 07, P-Z) | E. Verondini | 497 |
| 1367 | Fisica generale I (09 A-O) | A. Vitale | 302 |
| 1367 | Fisica generale I (09 P-Z) (02) (10) | S. De Castro | 167 |
| 1370 | Fisica generale II (02) (04) | M. Bruno | 168 |
| 1371 | Fisica generale II (18) | S. Zucchelli | 444 |
| 1372 | Fisica generale II (informaz. e 07, A-D) (05) | F. Saporetti | 498 |
| 1372 | Fisica generale II (informaz. e 07, E-O) | F. Malaguti | 498 |
| 1372 | Fisica generale II (informaz. e 07, P-Z) (01) | A. Gandolfi | 498 |
| 1371 | Fisica generale II (09 A-O) | M. Capponi | 303 |
| 1371 | Fisica generale II (09 P-Z) (10) (11) | A. Gandolfi | 303 |
| 422 | Fisica nucleare (10) | M. Sumini | 344 |
| 6797 | Fisica tecnica (05) (10) | E. Zanchini | 260 |
| 430 | Fisica tecnica (04) | A. Cocchi | 231 |
| 6798 | Fisica tecnica (informaz. A-D) | V. Tarabusi | 499 |
| 6798 | Fisica tecnica (informaz. E-O) | G. Pagliarini | 499 |
| 6798 | Fisica tecnica (informaz. P-Z) | A. Dumas | 499 |
| 6796 | Fisica tecnica (09) | S. Salvigni | 304 |
| 430 | Fisica tecnica (sem.) (02) | P. Tartarini | 169 |
| 430 | Fisica tecnica (sem.) (07) | E. Zanchini | 420 |
| 430 | Fisica tecnica (sem.) (18) | M. Spiga | 445 |
| | Fisica tecnica ambientale (sem.) (11) | A. Cocchi | 376 |
| | Fondamenti di chimica industriale (01) | F. Trifirò | 121 |
| | Fondamenti di fisica del reattore a fissione e a fusione (10) | V. Molinari | 345 |
| 9730 | Fondamenti di informatica (02) (04) | M. Favalli | 170 |
| 9730 | Fondamenti di informatica (05) | L. Ambrosini | |
| | | Guaccimanni | 261 |
| 9730 | Fondamenti di informatica (07) | | 420 |
| 9730 | Fondamenti di informatica (18) | P. Tiberio | 446 |
| 9730 | Fondamenti di informatica (09 A-O) | A. Ciampolini | 122 |
| 9730 | Fondamenti di informatica (09 P-Z) (01) | J.E. Fernandez | 122 |
| 9730 | Fondamenti di informatica (10) (11) | F. Tesi | 345 |
| 7945 | Fondamenti di informatica I (informaz. A-D) | A. Natali | 501 |
| 7945 | Fondamenti di informatica I (informaz. E-O) | M.R. Scalas | 501 |
| 7945 | Fondamenti di informatica I (informaz. P-Z) | E. Lamma | 501 |
| 7946 | Fondamenti di informatica II (informaz. A-K) | A. Corradi | 502 |
| 7946 | Fondamenti di informatica II (informaz. L-Z) | G. Bellavia | 502 |
| | Fondamenti di infrastrutture varie (02) | M. Guastella | 172 |
| 1656 | Fotogrammetria (02) (11) | G. Bitelli | 172 |
| 5724 | Geofisica applicata (11) | G. Santarato | 378 |

| Codice | Denominazione | Docente | pag. |
|--------|---|----------------|------|
| 464 | Geologia (sem.) (02) | G.C. Carloni | 173 |
| 464 | Geologia applicata (11, indirizzi 1 e 5) | G.C. Carloni | 380 |
| 464 | Geologia (11, indirizzi 2, 3, 4) | C. Elmi | 379 |
| 9757 | Geometria e algebra (01) (11) | P. Frosini | 122 |
| 9757 | Geometria e algebra (04) | G. Parigi | 232 |
| 9757 | Geometria e algebra (18) | L. Grasselli | 447 |
| 9757 | Geometria e algebra (informaz. e 07, A-D) (05) | M. Ferri | 503 |
| 9757 | Geometria e algebra (informaz. e 07, E-O) | A.L. Gilotti | 503 |
| 9757 | Geometria e algebra (informaz. e 07, P-Z) | L. Pezzoli | 503 |
| 9757 | Geometria e algebra (09 (A-O) | F. Bonetti | 306 |
| 9757 | Geometria e algebra (09 P-Z) (02) (10) | L. Gualandri | 174 |
| | Geostatica applicata (11) | M. Bruno | 381 |
| 10203 | Geotecnica (02) (04) (11) | P.V. Righi | 174 |
| 1677 | Gestione aziendale (07) (08) (18) | A. Zanoni | 421 |
| | Gestione degli impianti industriali (07) (18) | A. Pareschi | 448 |
| 11165 | Gestione dell'energia (07) (18) | E. Lorenzini | 422 |
| | Gestione dell'innovazione e dei progetti (01) (07) (18) | A. Grandi | 422 |
| 1724 | Gestione delle risorse idriche (sem.) (02) (11) | M. Ferraresi | 176 |
| 482 | Giacimenti minerali (11) | R. Bruno | 382 |
| 490 | Idraulica (04) (11) | G.L. Bragadin | 232 |
| 490 | Idraulica (02) | A. Rubatta | 176 |
| 4135 | Idrogeologia applicata (sem.) (01) (11) | F. Ciancabilla | 123 |
| | Idrologia (02) (11) (04) | E. Todini | 177 |
| 11167 | Idrologia II (sem.) (02) (04) | S. Pilati | 177 |
| 10404 | Impianti biochimici (01) | C. Gostoli | 123 |
| 503 | Impianti chimici I (01) | U. Lelli | 124 |
| 502 | Impianti chimici II (01) | G. Camera Roda | 125 |
| | Impianti dell'industria alimentare (01) | G. Camera Roda | 127 |
| 11135 | Impianti di produzione dell'energia elettrica (05) | C.A. Nucci | 262 |
| 5843 | Impianti elettrici (05) (07) | G. Pattini | 263 |
| | Impianti industriali (18) | G. Giacchetta | 448 |
| 10420 | Impianti industriali (06) (07) (09) | A. Pareschi | 307 |
| 515 | Impianti meccanici (09) | S. Fabbri | 308 |
| 516 | Impianti minerali (11) | Sante Fabbri | 384 |
| 517 | Impianti nucleari (10) | E. Sobrero | 346 |
| 4766 | Impianti speciali (09) | M. Gentilini | 309 |
| 518 | Impianti speciali idraulici (02) | A. Marinelli | 177 |
| 11708 | Impianti tecnici (02) (04) | A. Cocchi | 178 |
| 11137 | Ingegneria chimica ambientale (01) (11) | G. Pasquali | 127 |
| 12090 | Ingegneria degli scavi (11) | Sante Fabbri | 385 |
| 11138 | Ingegneria dei giacimenti di idrocarburi (11) | G.L. Chierici | 386 |
| 9043 | Ingegneria del territorio (04) (11) | G. Salizzoni | 234 |
| 9032 | Ingegneria del software (08) | E. Lamma | 504 |
| 11182 | Ingegneria delle materie prime (07) (09) (11) | F. Ciancabilla | 309 |

| Codice | Denominazione | Docente | pag. |
|--------|--|------------------------|------|
| 5574 | Ingegneria e tecnologie dei sistemi di controllo (06) (08) | G.C. Montanari | 505 |
| 11139 | Ingegneria sanitaria ambientale (02) (11) | M. Mancini | 179 |
| 11710 | Ingegneria sanitaria ambientale II (11) | G.L. Bragadin | 389 |
| 7158 | Intelligenza artificiale (06) (08) | P. Mello | 507 |
| 11168 | Interazione fra le macchine e l'ambiente (07) (09) (11) | A. Gambarotta | 311 |
| 8325 | Istituzioni di economia (sem.) (02) | A. Romagnoli | 180 |
| 10408 | Linguaggi e traduttori (06) (08) | A. Natali | 508 |
| 10385 | Localizzazione degli impianti energetici (10) | F. Cesari | 347 |
| 10269 | Logistica industriale (01) (07) (09) (18) | A. Pareschi | 128 |
| 8074 | Macchine (05) | G. Negri Di Montenegro | 265 |
| 4313 | Macchine (10) | G. Negri Di Montenegro | 348 |
| 11169 | Macchine (int.) (11) | M. Gambini | 392 |
| 663 | Macchine (sem.) (02) | G. Cantore | 181 |
| 663 | Macchine (sem.) (07) | G. Cantore | 424 |
| | Macchine (18) | U. Verza | 449 |
| 666 | Macchine elettriche (05) | G. Serra | 265 |
| 2078 | Macchine I (09) (01) | G. Negri Di Montenegro | 128 |
| 667 | Macchine II (09) | G. Minelli | 311 |
| 667 | Macchine II (sem.) (02) | G. Naldi | 182 |
| 670 | Macchine utensili (09) | O. Zurla | 312 |
| 10008 | Magnetofluidodinamica applicata (05) (10) | C.A. Borghi | 266 |
| 11140 | Materiali per l'ingegneria elettrica (05) | E. Goracci | 268 |
| 10019 | Materiali polimerici (01) | A. Saccani | 128 |
| 8073 | Meccanica applicata alle macchine (05) | A. Maggiore | 269 |
| 8073 | Meccanica applicata alle macchine (06) (08) | V. Parenti Castelli | 509 |
| 687 | Meccanica applicata alle macchine (07) | G. Dalpiaz | 425 |
| 687 | Meccanica applicata alle macchine (09) | U. Meneghetti | 314 |
| 10385 | Meccanica applicata alle macchine (10) | A. Maggiore | 349 |
| 687 | Meccanica applicata alle macchine (18) | G. Dalpiaz | 449 |
| | Meccanica computazionale delle strutture (02) | A.A. Cannarozzi | 183 |
| 4294 | Meccanica dei fluidi (09) | A. Lamberti | 315 |
| 7947 | Meccanica dei fluidi nel sottosuolo (sem.) (01) (11) | G. Brighenti | 129 |
| 10415 | Meccanica dei robot (09) | V. Parenti Castelli | 317 |
| 4114 | Meccanica delle rocce (11) (02) | A. Paretini | 184 |
| 710 | Meccanica delle vibrazioni (09) | U. Meneghetti | 318 |
| 1378 | Meccanica razionale (02) (04) | T.A. Ruggeri | 184 |
| 1379 | Meccanica razionale (18) | T.A. Ruggeri | 449 |
| 1381 | Meccanica razionale (informaz. e 07, A-D) (05) | P.P. Abbati | |
| | | Marescotti | 511 |
| 1381 | Meccanica razionale (informaz. e 07, E-O) | B. Lazzari | 511 |
| 1381 | Meccanica razionale (informaz. e 07, P-Z) (01) | A. Muracchini | 511 |

| Codice | Denominazione | Docente | pag. |
|--------|--|------------------------------|------------|
| 1379 | Meccanica razionale (09 A-S) | B. Lazzari | 319 |
| 1379 | Meccanica razionale (09 T-Z) (10) (11) Metodi e modelli per il supporto alle decisioni (07) (18) | M. Fabrizio D. Vigo | 319 |
| 9940 | Metodi numerici per i reattori nucleari (10) | T. Trombetti | 350 |
| 11141 | Metodologie di progettazione di macchine elettriche (05) | A. Grande | 270 |
| 5702 | Microelettronica (informaz.) | M. Rudan | 513 |
| 2191 | Microonde (03) (06) | A. Costanzo | 515 |
| 5725 | Mineralogia e petrografia (11) | M. Del Monte | 396 |
| 730 | Misura delle radiazioni e protezione (10) | P. Amadesi | 351 |
| 11142 | Misure e collaudo di macchine e impianti elettrici (05) | R. Sasdelli | 272 |
| 10204 | Misure e controlli idraulici (02) | I. Daprà | 186 |
| 731 | Misure e controlli nei giacimenti di idrocarburi (11) | G.L. Chierici | 397 |
| 732 | Misure elettriche (05) | A. Burchiani | 272 |
| 1386 | Misure elettroniche (informaz. A-D) | E. Menchetti | 516 |
| 1386 | Misure elettroniche (informaz. E-K) | M. Rinaldi | 516 |
| 1386 | Misure elettroniche (informaz. L-Z) | D. Mirri | 516 |
| 1140 | Misure meccaniche, termiche e collaudi (09) | P. Pelloni | 321 |
| 10386 | Modellistica dei sistemi elettromeccanici (05) | G. Tani | 274 |
| 10386 | Modellistica dei sistemi elettromeccanici (06) (08) | D. Casadei | 517 |
| 14711 | Modellistica e controllo dei sistemi ambientali (11) Modellistica e ingegneria dei materiali elettrici (05) | E. Belardinelli L. Simoni | 398 275 |
| 11712 | Modellistica idraulica (02) | V. Di Federico | 187 |
| 4140 | Neutronica applicata (10) Nozioni giuridiche fondamentali (02) (07) | M. Sumini M. Bernardini | 354 187 |
| 11170 | Organizzazione del cantiere (02) (04) | C. Comani | 189 |
| 10416 | Organizzazione della produzione e dei sistemi logistici (06) (07) (08) (09) (18) Ottimizzazione combinatoria (03) (06) (07) (08) | E. Sobrero P. Toth | 322 519 |
| 4679 | Pianificazione dei trasporti (02) (07) | R. Camus | 190 |
| 11713 | Pianificazione e gestione delle aree metropolitane (04) | P. Secondini | 236 |
| 8702 | Pianificazione territoriale (01) (11) | G. Crocioni | 129 |
| 3568 | Politica economica (05) (07) | N. Luciani | 276 |
| 10402 | Principi di ingegneria chimica ambientale (01) (07) (11) | F.P. Foraboschi | 134 |
| 6417 | Principi di Ingegneria chimica I (01) | F. Santarelli | 129 |
| 4641 | Principi di ingegneria chimica II (01) | F.P. Foraboschi | 132 |
| 11714 | Principi di ingegneria elettrica I (05) | U. Reggiani | 276 |
| 11715 | Principi di ingegneria elettrica II (05) | R. Miglio | 278 |
| 11352 | Principi e metodologie della progettazione meccanica (09) (10) Tecnologie chimico agrarie (01) | A. Freddi P.G. Pifferi | 325 140 |
| 11143 | Processi biotecnologici ambientali (11) | C. Gostoli | 401 |
| 816 | Produzione e trasporto degli idrocarburi (11) | G. Gottardi | 401 |

| Codice | Denominazione | Docente | pag. |
|--------|--|-----------------|------|
| 10422 | Progettazione di sistemi di trasporto (02) (09) | M. Matassa | 191 |
| 11353 | Progettazione per l'edilizia industrializzata (04) | F. Zerbini | 237 |
| 11351 | Progetti e costruzioni nucleari (10) | F. Cesari | 355 |
| 8079 | Progetti per la ristrutturazione e il risanamento edilizio (02) (04) | G. Cuppini | 192 |
| 11144 | Progetto di circuiti a microonde (06) (03) | A. Lipparini | 520 |
| 10389 | Propagazione (03) (06) | G. Falciasacca | 522 |
| 5802 | Proprietà termodinamiche e di trasporto (01) (06) | F. Doghieri | 134 |
| 11172 | Protezione idraulica del territorio (02) (11) | A. Bizzarri | 194 |
| 11193 | Reattori nucleari avanzati (10) | F. Premuda | 356 |
| | Recupero e conservazione degli edifici (04) | | |
| 11145 | Reti di calcolatori (03) (06) (08) | A. Corradi | 522 |
| 10390 | Reti di telecomunicazioni (03) (06) (07) (08) | G. Corazza | 524 |
| 5579 | Reti logiche (informaz. A-K) | R. Laschi | 525 |
| 5579 | Reti logiche (informaz. L-Z) | E. Faldella | 525 |
| 884 | Ricerca operativa (07) | P. Toth | 428 |
| 884 | Ricerca operativa (18) | S. Martello | 451 |
| 884 | Ricerca operativa (informaz.) | S. Martello | 526 |
| 11146 | Robotica industriale (06) (08) | C. Melchiorri | 527 |
| 2235 | Scienza dei materiali (01) (07) (09) | F. Sandrolini | 135 |
| 886 | Scienza dei metalli (01) (09) | G. Poli | 137 |
| 8075 | Scienza delle costruzioni (01) (05) (10) | G. Pascale | 137 |
| 890 | Scienza delle costruzioni (02, A-K) (04, A-K) (11) | A. Di Tommaso | 195 |
| 890 | Scienza delle costruzioni (02, L-Z) (04, L-Z) | A.A. Cannarozzi | 195 |
| 6801 | Scienza delle costruzioni (09) | E. Viola | 327 |
| 11354 | Scienza delle costruzioni (sem.) (07) | L. Nobile | 429 |
| | Scienza delle costruzioni (sem.) (18) | A. Di Leo | 453 |
| 2144 | Scienza delle costruzioni II (02) | E. D'Anna | 196 |
| 10405 | Scienza e tecnica dei materiali ceramici (01) | C. Palmonari | 138 |
| 7949 | Scienza e tecnologia dei materiali elettrici (05) | A. Motori | 279 |
| 10413 | Sensori e trasduttori (informaz.) (05) (08) | S. Pirani | 281 |
| 10421 | Servizi generali di impianto (07) (09) | G. Coli | 328 |
| 10391 | Sicurezza e analisi di rischio (07) (10) | C.M. Orlandelli | 357 |
| 11147 | Sistemi di commutazione (03) (06) | C. Raffaelli | 528 |
| 11716 | Sistemi di controllo di gestione + Sistemi organizzativi (int.) (07) | A. Zanoni | 431 |
| 11716 | Sistemi di controllo di gestione + Sistemi organizzativi (int.) (18) | A. Zanoni | 454 |
| 10392 | Sistemi di elaborazione (06) (08) | R. Rossi | 529 |
| 10393 | Sistemi di telecomunicazione (03) (06) | O. Andrisano | 530 |
| 6776 | Sistemi di trazione (02) (05) (09) | M. Matassa | 197 |
| 1148 | Sistemi elettrici per l'energia (05) | C.A. Nucci | 282 |
| | Sistemi informativi + Reti di telecomunicazioni (int.) (18) | | |
| 10394 | Sistemi informativi I (06) (07) (08) (18) | P. Tiberio | 532 |

| Codice | Denominazione | Docente | pag. |
|--------|--|----------------|------|
| 11149 | Sistemi informativi II (06) (07) (08) | M.R. Scalas | 533 |
| | Sperimentazione dei materiali, dei modelli e delle strutture (sem.) (02) | A. Di Leo | 197 |
| 2736 | Storia dell'architettura (04) | G. Gresleri | 239 |
| 12373 | Storia dell'architettura II (04) | G. Gresleri | 240 |
| 11173 | Studi di fabbricazione (09) (07) | G. Tani | 331 |
| | Studi di fabbricazione (18) | L. Tomesani | |
| 4152 | Strumentazione biomedica (06) (01) | G. Avanzolini | 534 |
| 10407 | Strumentazione e misure elettroniche (03) (06) | P. Olivo | 535 |
| 4146 | Strumentazione e automazione industriale (07) (09) | S. Fabbri | 330 |
| 11718 | Strutture di fondazione (sem.) (02) (11) | A. Benedetti | 198 |
| 9046 | Strutture speciali (sem.) (02) | M. Majowiecki | 200 |
| 11173 | Studi di fabbricazione (18) | L. Tomesani | 454 |
| 7433 | Tecnica del controllo ambientale (02) (07) (11) | A. Cocchi | 203 |
| | Tecnica del controllo ambientale (18) | A. Cocchi | 454 |
| 11174 | Tecnica della sicurezza ambientale (sem.) (11) | G. Spadoni | 404 |
| 4153 | Tecnica delle alte tensioni (05) | G. Mazzanti | 285 |
| 1026 | Tecnica delle costruzioni (02) | C. Ceccoli | 203 |
| 1026 | Tecnica delle costruzioni (04) | R. Poluzzi | 240 |
| 47 | Tecnica delle costruzioni (11) | F. Zarri | 405 |
| 3480 | Tecnica delle costruzioni II (02) | M. Merli | 204 |
| 11350 | Tecnica dei lavori idraulici (02) | S. Artina | 200 |
| 11179 | Tecnica dei lavori stradali, ferroviari ed aeroportuali (02) | A. Bucchi | 202 |
| 1019 | Tecnica dei sondaggi (11) | G. Brighenti | 403 |
| 1031 | Tecnica ed economia dei trasporti (02) (05) (07) (09) (11) | A. Orlandi | 205 |
| 1034 | Tecnica urbanistica (02, 11) | A. Corlaita | 206 |
| 1182 | Tecnica urbanistica I (04, DEF) | C. Monti | 241 |
| 9235 | Tecnica urbanistica I (04, ABC) | G. Ronzani | 241 |
| 9235 | Tecnica urbanistica II (02) (04) | G. Crocioni | 208 |
| 7950 | Tecniche di analisi urbane e territoriali (04) (11) | P. Secondini | 243 |
| 1043 | Tecnologia dei materiali e chimica applicata (01) (04) | F. Sandrolini | 141 |
| 1043 | Tecnologia dei materiali e chimica applicata (02) | V. Bonora | 209 |
| 1044 | Tecnologia dei materiali nucleari (10) | D. Mostacci | 360 |
| 37 | Tecnologia meccanica (09) | F. Soavi | 334 |
| 11194 | Tecnologie e applicazioni nucleari (10) | F.G. Cesari | 358 |
| | Tecnologie di chimica applicata (09) | V. Passalacqua | 332 |
| | Tecnologie di chimica applicata (11) | G. Timellini | 406 |
| 2121 | Tecnologie generali dei materiali (07) (09) | D. Veschi | 333 |
| 4115 | Teoria dei sistemi (informaz.) | R. Guidorzi | 536 |
| 11241 | Teoria dello sviluppo dei processi chimici (01) | M. Nocentini | 142 |
| | Teoria e progetto dei ponti (02) | M. Merli | 210 |
| | Teoria e progetto delle costruzioni in acciaio (sem.) (02) | G. Matildi | 211 |

| Codice | Denominazione | Docente | <i>pag.</i> |
|--------|---|----------------|-------------|
| 11177 | Teoria e tecnica della circolazione (02) (09) | G. Praitoni | 212 |
| 12661 | Teoria e tecniche della progettazione architettonica (04) | L. Gelsomino | 245 |
| 11178 | Terminali e impianti di trasporto (02) | G. Foresti | 214 |
| 7951 | Termodinamica dell'ingegneria chimica (01) | G.C. Sarti | 143 |
| 1059 | Termotecnica dei reattori (09) (10) | E. Lorenzini | 335 |
| 1061 | Topografia (04) | A. Gubellin | 246 |
| 61 | Topografia (02) | V. Achilli | 215 |
| 804 | Topografia (11) | F. Radicioni | 408 |
| 1180 | Topografia II (02) | M. Unguendoli | 216 |
| 10720 | Trasmissione numerica (03) (06) | L. Calandrino | 538 |
| 11181 | Trasporto di particelle e di radiazioni (10) | R. Scardovelli | 363 |
| 8081 | Turbomacchine (09) | R. Bettocchi | 335 |

NOTE ESPLICATIVE SUI CORSI DI LAUREA E LORO INDIRIZZI E ORIENTAMENTI

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA (01)

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 (02)

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 sei 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 (04)

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 (05)

Il Corso di Laurea in Ingegneria Elettrica ha come oggetto fondamentale di studio l'Energia elettrica, sia dal punto di vista della sua generazione, trasporto e distribuzione, che da quello della sua utilizzazione.

Le applicazioni dell'energia elettrica sono svariatisime, 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 generale dei problemi legati alla compatibilità elettromagnetica), nella ricerca e nel miglior uso delle fonti energetiche rinnovabili.

Le discipline fondamentali sono 24, di cui nove sono comuni a tutti i corsi di laurea, cioè quattro dell'area della Matematica, due della Fisica, una della Chimica, una dell'In-

formatica 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 nuovo corso di «Affidabilità dei Sistemi elettrici» si configurano come polivalenti, interessanti per tutti gli Orientamenti.

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 Corso di laurea unico in Ingegneria Elettronica e predisporre l'ammmodernamento 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 delinearsi a seguito della introduzione dei nuovi Corsi di laurea: nello scorrerle 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 DELLE TELECOMUNICAZIONI (03)

È da tempo ben delineata la figura professionale dell'ingegnere delle Telecomunicazioni: egli deve saper pianificare, progettare, sviluppare e gestire sistemi elettronici complessi per l'elaborazione, la trasmissione, la distribuzione e la diffusione dell'informazione mediante opportuni segnali. Tali sistemi realizzano un'ampia gamma di servizi di notevole

rilievo tecnico, economico e sociale quali, ad esempio, quelli telefonici, telematici e di trasmissione dati; la diffusione di programmi radio e TV; l'elettronica civile; la radioassistenza alla navigazione aerea, marittima e al traffico su strada; la radiolocalizzazione; telerilevamento e telemisure.

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

Obiettivo del Corso di laurea in ingegneria delle Telecomunicazioni è appunto la formazione di un ingegnere capace di operare da un lato nell'industria manifatturiera (delle telecomunicazioni terrestri e via satellite, deinterminali 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 ELETTRONICA (06)

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 capa-

cià di interagire con altri specialisti senza trovarsi in condizioni di inferiorità.

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

Indirizzo Biomedica

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

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

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

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

Indirizzo Microelettronica

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

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

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 (08)

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 GESTIONALE (07) (18)

(attivazione presso le Sedi di Bologna e di Reggio Emilia)

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.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA (09)

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 insegna-

mento 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 di Tecnica ed economia dei trasporti, Progettazione dei sistemi di trasporto, Sistemi di trazione (obbligatori), e Teoria e tecnica della circolazione (facoltativo), 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 (10)

L'obbiettivo 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'in-

gegneria Nucleare ad altri settori (scienze biologiche e mediche, scienze ambientali, applicazioni industriali dei plasm,).

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

Orientamento Impiantistico-Costruttivo

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

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

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

— lo studio e l'approfondimento delle moderne tecniche e metodologie di progettazione sia di parti e di componenti impiantistici complessi di tipo meccanico, con l'analisi degli effetti strutturali di carichi meccanici e termici variabili, sia di parti e di apparecchiature elettriche, con particolare riferimento agli azionamenti ed alle problematiche connesse alla presenza di disturbi elettromagnetici condotti ed irraggiati, ed alle linee guida per la progettazione di 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 (11)

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 territoriale.

Comune 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 scosscimenti;
- 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 sotterraneo, con metodi convenzionali oppure speciali.

L'utilizzazione delle risorse geologiche e minerarie del territorio richiede, inoltre, di operare con criteri di ottimizzazione del bilancio economico, di sicurezza del lavoro e di difesa ambientale, in particolare ove sono più intensi gli insediamenti antropici.

Indirizzo Geotecnologie

Fornisce la cultura tecnico-progettuale che consente di formulare modelli di comportamento dell'interazione tra opere di ingegneria e contesto geologico (terreni e rocce).

Vengono così affrontati i temi della progettazione, realizzazione, controllo e direzione dei lavori per le opere realizzate sul territorio con costruzioni nei terreni e nelle rocce, a cielo aperto ed in sotterraneo, ed atte ad ospitare funzioni della vita associativa e ad insediare strutture di servizio (gallerie di transito, di trasporto; caverne di deposito di produzione, etc.) operando con criteri di sicurezza del lavoro e di previsione e prevenzione delle ripercussioni ambientali nell'ambito della normativa nazionale e locale.

Indirizzo Pianificazione e Gestione Territoriale

Si propone di formare un ingegnere in grado di operare nella gestione del territorio, nella progettazione delle infrastrutture e dei sistemi insediativi.

L'indirizzo intende fornire elementi per la determinazione di un corretto campo di applicazione delle tecniche quantitative nella pianificazione territoriale alle diverse scale.

Come si vede, i cinque indirizzi del Corso di laurea in ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, coprono un'area molto vasta e, tuttavia, obiettivo comune a tutti è quello di creare una medesima figura di ingegnere avente conoscenze interdisciplinari, che può trovare la sua collocazione in Società di ingegneria, Pubbliche amministrazioni, Industrie ed Enti preposti alla progettazione e alla gestione delle infrastrutture e delle opere di difesa del suolo e dell'ambiente, nonché nella libera professione.

Gli Insegnamenti del Corso di laurea sono organizzati in raggruppamenti e le annualità necessarie per il conseguimento della laurea sono 29, di cui 9 comuni a tutti i Corsi di laurea in ingegneria ed i rimanenti caratterizzanti il Corso di laurea e i cinque indirizzi.

PROGRAMMI DELLE MATERIE DI INSEGNAMENTO

(01) CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA

9941

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 «sorgente» per il rilascio di tossici e/o infiammabili: efflussi accidentali di liquidi e vapori da serbatoi e tubazioni; l'evaporazione da pozze. Modello di trasmissione: il modello gaussiano, stima di masse in zona di esplosività e di aree a rischio tossico. La dispersione di gas pesanti: fenomenologie e modelli. Equazioni di probit per i tossici. Esposizione indoor o outdoor.

Incendi: di jets, pozze e fireballs.

Esplosioni: detonazioni 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.

1349

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

Esame: scritto e orale.

1350

ANALISI MATEMATICA II (vedi informaz., A-D)

Esame: scritto e orale.

8127

BIOCHIMICA INDUSTRIALE

Docente: **Fabio Fava** ricerc. (inc.)

Elementi di biologia e 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.

La cellula. La classificazione delle cellule: 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.

Le biomolecole

Gli amminoacidi e le proteine: gli amminoacidi di interesse biologico e loro proprietà strutturali, chimiche e stereochimiche.

Peptidi e proteine: struttura e funzione biologica. La struttura primaria: idrolisi e determinazione della sequenza degli amminoacidi. Proteine fibrose e globulari: esempi di molecole di interesse biologico e principali caratteristiche strutturali e chimiche. Gli enzimi: specificità, importanza, classificazione e nomenclatura. Enzimi semplici ed enzimi complessi. Il meccanismo delle reazioni enzimatiche, velocità di reazione, equazione di Michaelis-Menten e K_m . Parametri caratteristici dell'attività enzimatica e fattori che ne controllano l'efficienza. Meccanismi di inibizione ed inattivazione enzimatica. Enzimi allosterici e loro regolazione. Cofattori enzimatici.

Le vitamine: loro importanza, classificazione, chimismo e proprietà biologiche.

I carboidrati: classificazione, struttura chimica, stereoisomeria e reattività. Mono-, di- e polisaccaridi di interesse biologico.

I lipidi: classificazione, struttura chimica e reattività. Lipidi di membrana.

Acidi nucleici: composizione e struttura delle unità nucleosidiche. Struttura chimica e proprietà fisiche del DNA e dell'RNA. Concetti di cromosoma e di gene. La trasmissione molecolare dell'informazione genetica. Replicazione del DNA: meccanismo e proteine che concorrono al processo. La trascrizione: formazione e ruolo dell'RNA messaggero e sue modifiche post-trascrizionali. Transcriptasi inversa. La sintesi proteica: i ribosomi e loro ruolo. Struttura e ruolo dell'RNA di trasferimento. Fasi principali della sintesi proteica, avvolgimenti e modificazioni delle catene polipeptidiche prodotte. Regolazione del processo.

La classificazione dei microorganismi

Criterio di classificazione dei microorganismi. Famiglie, generi e specie principali di batteri, lieviti e funghi. Batteri Gram-positivi e batteri Gram-negativi.

Microorganismi di interesse industriale: caratteristiche principali dei batteri, dei funghi, delle muffe e dei lieviti impiegati nelle fermentazioni.

La nutrizione e la crescita microbica

Categorie nutrizionali e costituenti essenziali dei terreni di coltura. Terreni naturali e sintetici. Materie prime nei processi fermentativi di interesse industriale.

Cinetiche di crescita microbica e fattori chimici e fisici che le influenzano. Colture batch, fedbatch e continue. Metodi di studio delle colture microbiche: metodi di sterilizzazione, isolamento di colture pure, metodi di determinazione del numero delle cellule di colture pure e miste.

Il metabolismo

Principi generali: vie anaboliche e cataboliche. La regolazione metabolica.

Energia libera e bioenergetica cellulare. Il chimismo dell'ATP e dei legami fosforici: formazione, trasformazione ed utilizzazione dell'ATP. Il chimismo del NAD ed il trasporto degli elettroni nei processi ossido-riduttivi; gli scambi di energia relativi.

La glicolisi come fonte di energia. La formazione del piruvato, le sue fasi e la sua regolazione. La glicolisi anaerobica e la fermentazione alcolica. Il bilancio energetico della glicolisi anaerobica. Accesso di altri carboidrati alla via glicolitica.

La respirazione aerobica del glucosio; il ciclo di Krebs o dell'acido citrico e la sua regolazione. Trasporto di elettroni, fosforilazione ossidativa e regolazione della produzione di ATP. Il bilancio energetico della respirazione aerobica.

Processi fermentativi industriali

Aspetti generali delle produzioni biotecnologiche di interesse industriale: produzione di biomassa, produzione di metaboliti primari e secondari, bioconversioni e biodegradazioni.

Miglioramento dei microorganismi di interesse industriale. Le mutazioni. Ricombinazione batterica: trasformazione, coniugazione, trasduzione. La fusione di protoplasto. Il DNA ricombinante.

Aspetti biochimici, microbiologici, chimici e tecnologici relativi alla produzione industriale per via fermentativa di:

- lievito e di cellule microbiche quali fonti di proteine alimentari;
- etanolo;
- acidi organici (acido citrico e acetico);
- aminoacidi (acido L-putammico e L-lisina);
- vitamine (cianocobalammina, riboflavina e acido citrico);
- antibiotici.

Produzione di enzimi 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:

A.L. LEHNINGER, *Biochimica*, Ed. Zanichelli, Bologna, 1993.

BROCK, MADIGAN, MARTINKO, PARKER, *Microbiologia*, Città Studi Edizioni, Milano, 1995.

MATTEUZZI, BRIGIDI, *Biotechnologia delle fermentazioni*, Dispense, Bologna, a.a. 1996-1997.

QUAGLIERINI, VANNINI, PALADINO, *Chimica delle Fermentazioni e Laboratorio*, Ed. Zanichelli, Bologna, 1995.

FRONTALI, SCHIESSER, *Chimica delle Fermentazioni e microbiologia industriale*, Ed. EU-Roma, Roma, 1990.

Modalità d'esame: orale.

1360

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; legami 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, 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. *2 copie coll: RA 11 46, RA 11 45*
 R.A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di chimica per ingegneria*, ed. CEDAM, Padova, 1994. *1 copia coll: RA 11 52*
 P. MANARESI, E. MARIANUCCI, *Problemi di chimica per ingegneria*, ed. Esculapio, Bologna, 1993. *2 copie coll: RA 11 54, RA 11 50*

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).

CINETICA CHIMICA

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

137

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. La-

voro 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.* Arrostitimento 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. *1 copia coll: RD 115*
 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. *1 copia coll: RD 116*
 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.

148

CHIMICA ORGANICADocente: **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. 1 copia coll: RC 11 12

J. KICE, E. MARVELL, *Principi di Chimica Organica*, Ed. Piccin, Padova. 2 copie coll: RC 11 1, RC 11 9

J. McMURRAY, *Fondamenti di Chimica Organica*, Ed. Zanichelli, Bologna. 1 copia coll: RC 11 11

C. DI BELLO, *Principi di Chimica Organica*, Ed. Decibel, Padova. 1 copia coll: RC 11 13

Modalità d'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.)**COSTRUZIONE DI MACCHINE**Docente: **Vincenzo Dal Re** prof. ass.

L'insegnamento si propone di fornire le nozioni fondamentali della progettazione costruttiva e del calcolo di dimensionamento dei componenti strutturali e meccanici delle apparecchiature chimiche, avuto riguardo anche ai problemi tecnologici, di fabbricazione, nonché agli aspetti della affidabilità e della sicurezza di esercizio.

Organizzazione dell'insegnamento: l'ingegnere chimico e i problemi di progetto e costruzione delle apparecchiature chimiche.

Progettazione costruttiva di un recipiente a pressione. Scelta dei materiali.

Problemi tecnologici nella fabbricazione di un recipiente a pressione. Saldature.

Considerazioni economiche sulla costruzione dei recipienti a pressione.

Controlli non distruttivi e collaudi dei recipienti a pressione.

Norme ASME e ANCC sui contenitori.

Stato tensionale membranale nei recipienti cilindrici, sferici, «multisfera», torici.

Stato tensionale ed elasto-plastico nei recipienti cilindrici a parete di forte spessore.

Impostazione della teoria flessionale delle piastre e dei recipienti assialsimmetrici.

Tensioni e deformazioni delle flangie circolari.

Introduzione ai problemi di stabilità dell'equilibrio elastico delle strutture a parete sottile.

Fondamenti di meccanica della frattura.

Esercitazioni: alcuni esempi di apparecchiature chimiche.

Testi consigliati:

V. DAL RE, *Lezioni del corso di Costruzioni di macchine per l'Ingegneria chimica*, Ed. Esculapio, Progetto Leonardo, 1994.

V. DAL RE, *Esercizi del corso*, Ed. Esculapio, 1994. *1 copia coll: HC 11 47*

Norme ASME; Norme ANCC.

Propedeuticità consigliate: Scienza delle Costruzioni, Meccanica applicata alle macchine (o equivalente), Impianti chimici.

Esami. Prova scritta concernente applicazioni pratiche degli argomenti svolti nell'insegnamento. Discussione orale dello svolgimento della prova scritta.

Tesi di laurea di progettazione e sperimentali su recipienti a pressione.

8545

DINAMICA E CONTROLLO DEI PROCESSI CHIMICIDocente: **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 un sistema 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 di 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:

coll: RD 11 33/1

coll: RD 11 33/4

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. *1 copia*
coll: RD 11 36

9758

DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE

Docente: G. Caligiana prof. ass.

L'insegnamento ha lo scopo di fornire le basi necessarie per l'interpretazione e l'esecuzione del disegno tecnico. Dopo una prima parte dedicata al *disegno geometrico*, vengono esaminate le principali *norme* da impiegare per la corretta rappresentazione di particolari e disegni d'assieme (complessivi). Viene dato particolare rilievo alla *funzione* svolta da ciascun particolare nel complessivo ed all'influenza del *sistema produttivo* per una corretta scelta delle forme ed un'accurata indicazione delle informazioni aggiuntive da includere (dimensioni, errori dimensionali e geometrici ritenuti accettabili, ecc.). Sono previste delle *esercitazioni* pratiche in cui vengono spiegate ed assegnate alcune tavole relative a *componenti meccanici* o a *schemi di impianti* che lo studente esegue o, comunque, presenta al Docente all'atto della prova d'esame. Le tavole relative al *disegno di impianti* sono a carattere differenziato a seconda del Corso di Laurea di appartenenza. Gli studenti che ne facciano richiesta possono solgere, su base volontaria, alcune tavole alternative assegnate «ad personam» utilizzando un *programma di disegno assistito dal calcolatore* a propria scelta.

Strumenti convenzionali per il disegno. Linee e scritturazioni unificate. Scelta formati e scale.

Strumenti non convenzionali per il disegno. Architettura di un sistema CAD. Descrizione dell'hardware e delle principali periferiche (tastiera, mouse, tavolette digitalizzatrici, scanner, dispositivi di visualizzazione vettoriale e raster-scan, dispositivi hard-copy, ecc.). Funzioni assolve dal software. Vantaggi e limiti di un sistema CAD.

Costruzioni geometriche fondamentali.

Il metodo delle *proiezioni ortogonali*.

Vera forma di superfici piane. *Intersezioni e sezioni* piane.

Compenetrazione di solidi.

Sviluppo delle superfici.

Proiezioni assonometriche oblique ed ortogonali.

Norme e convenzioni nel disegno tecnico. Viste e sezioni. Criteri generali di *quotatura*. Numeri di Renard. Disegni di insieme (complessivi) e disegni di particolare. *Quotatura funzionale*. Influenza dei *metodi di produzione* sul disegno e la quotatura dei pezzi. Quotatura di *fabbricazione e controllo*.

Tolleranze dimensionali. *Trasferimento* di quote (dalla quotatura funzionale a quella di fabbricazione). *Tolleranze geometriche*. Definizione ed indicazione della *rugosità* delle superfici.

Materiali. Prove di laboratorio: 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. Criteri per la scelta dei materiali.

Collegamenti. Filettature. Collegamenti albero-mozzo (linguette, chiavette, profili scanalati, anelli elastici, ecc.). Chiodature, rivettature, saldature, collegamenti mediante incollaggio.

Articolazioni. Guida al moto *rettilineo*. Guide al moto *rotatorio* (cuscinetti radenti e volventi). Sistemi di *lubrificazione*. Organi di *tenuta* (statica e dinamica).

Trasmissioni meccaniche. Alberi, giunti, innesti, ruote di frizione, ruote dentate.

(Un programma più dettagliato ed il regolamento dell'insegnamento e dell'esame vengono forniti a lezione).

Esame

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

La prova *scritta* si articola in due fasi:

— una prova scritta con domande di teoria

— una prova grafica (analoga ad una delle tavole assegnate durante le esercitazioni).

La prova *orale* è basata sul programma svolto a lezione durante l'insegnamento e sulla discussione degli elaborati grafici.

3 copie coll: HA 11 25/1, HA 11 28/1, HA 11 91/1

3 copie coll: HA 11 28/11, HA 11 25/11, HA 11 81/2

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. coll: AC 11

MANFÈ, POZZA, SCARATO, *Disegno meccanico*, vol. 1, 2, 3, ed. Principato, Milano.

CONTI, *Disegno tecnologico*, vol. 1, 2, ed. Pitagora, Bologna.

SOBRERO, *Corso di Disegno*, solo vol. 1, ed. Pitagora, Bologna.

FILIPPI, *Disegno di macchine*, vol. 1, 2, ed. Hoepli, Milano. 1 copia coll: HA 11 39/1

STRANE, CONSORTI, *Disegno di Costruzioni Meccaniche*, vol. 1, 2, ed. Principato, Milano. D. di C. H. 1 : 1 copia coll: HA 11 32 T 1 D di C. H. 2 : 1 copia coll: HA 11 32 T 2

CHIRONE, TORNINCASA, *Disegno Tecnico Industriale*, ed. Il Capitello, Torino.

D.T.E 1 : 1 copia, coll: HA 1 14 1 D.T.E. 2 : 1 copia coll: HA 1 14 2

2 copie coll: HA 1 9 1, HA 1 13 1

2 copie coll: HA 1 8 2, HA 1 13 2

1 copia coll: HA 1 2 T 3

11707

ELEMENTI DI TERMODINAMICA DELL'INGEGNERIA CHIMICA

Docente: Carlo Stramigioli prof. ass. (inc.)

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 quantità di moto per un apparato: varie forme, applicazioni.
 - 2.5 Bilancio di energia per un apparato: varie forme; equazioni semplificate; effetto termico delle reazioni chimiche; applicazioni.
 - 2.6 Bilanci di materia e di entalpia per un impianto chimico in regime stazionario: numero di gradi di libertà e specifica base, processi con ricicli; applicazioni. 2.7 Equilibrio liquido-vapore: temperatura di rugiada.

Testi consigliati:

Dispense del docente.

F.P. FORABOSCHI, *Principi di Ingegneria Chimica*, UTET, Torino. 2 copie coll: RD 1146, RD 1145D.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. 2 copie coll: RD 1176, RD 1181*Esame:* l'esame consiste in una prova scritta.*Propedeuticità consigliate:* Chimica, Fisica I.

9268

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (vedi 09)

6793

ELETTROTECNICADocente: **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. 3 copie
L'*esame* consiste normalmente in una prova scritta e in una prova orale.

5 copie =

FA 1124

FA 1126, FA 1125

FA 1123, FA 1122

FA 1136, FA 1137

FA 1138

1367

FISICA GENERALE IDocente: **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.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

5 copie = CA 1112, CA 114, CA 1153, CA 1181, CA 1182

P. VERONESI, E. FUSCHINI, *Fondamenti di meccanica classica*, Coop. Libr. Un. Bologna.

M.W. ZEMANSKY, *Calore e termodinamica*, Zanichelli, Bologna.

4 copie = CA 1154

1372

FISICA GENERALE IIDocente: **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.

Esame: scritto e orale.

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.

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

FONDAMENTI DI CHIMICA INDUSTRIALEDocente: **F. Trifirò** prof. ord.

9730

FONDAMENTI DI INFORMATICA (vedi 09)*Esame:* scritto e orale.

9757

GEOMETRIA E ALGEBRADocente: **Patrizio Frosini** ricercatore

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 delle matrici reali simmetriche (senza dimostrazione) - 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 proiet-

tiva ed affine di coniche e quadriche complesse e reali - Iperpiani diametrali; centro - Iperpiani principali; iperquadriche di rotazione; ipersfere - Equazioni canoniche - Fuochi - Fasci di coniche.

GESTIONE DELL'INNOVAZIONE E DEI PROGETTI (vedi 07)

Esame: scritto e orale.

4135

IDROGEOLOGIA APPLICATA (vedi 11)

10404

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. Sterizzazione 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:

10-12 10 1178

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. *11-15-1, 11-17-2: R.C. 11-15-2*

R. RAUTENBACH, R. ALBERT, *Membrane Process*, John Wiley, 1989.

503

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-fisici 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 apparecchiature 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. *Absorbimento 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 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.

Propedeuticità consigliata: Principi di ingegneria chimica.

Testi consigliati:

D. KERN, *Process Heat Transfer*.

R.E. TREYBAL, *Mass Transfer Operations*. *LA 1171*

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.

502

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.

Il calcolo delle torri di 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.

Propedeuticità consigliate: Fisica tecnica, Chimica fisica, Principi di ingegneria chimica.

Esame: scritto e orale.

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 Ambrosiana, Milano, 1978. 1 copia coll: RD II 1

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. 1 copia coll: RD II 35

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.

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.

IMPIANTI DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE

11137

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.

10269

LOGISTICA INDUSTRIALE (vedi 09)

Esame: scritto e orale.

2078

MACCHINE I (vedi 09)

10019

MATERIALI POLIMERICI

Docente: **Andrea Saccani** ricerc.

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 funzionalità >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 T_v e T_f 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 pirolisi con recupero di monomeri.

Testi consigliati:

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

1 copia coll: RA 11 65/4

Le Materie Plastiche e l'Ambiente, Grafis Ed.

Materiali polimerici, Pacini Ed.

Materiali polimerici strutturali, Pacini Ed.

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

Propedeuticità consigliate: Chimica organica, Scienza dei materiali.

7947

MECCANICA DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO (vedi 11)

1381

MECCANICA RAZIONALE (vedi informaz.)

Esame: scritto e orale.

PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

6417

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, esempi; variabili, equazioni e gradi di libertà; specifiche di verifica, progetto ed esercizio; metodi di calcolo delle variabili dipendenti; 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 moto in un letto filtrante; coefficienti di trascinamento e di sollevamento; applicazioni.
- 4.3. Trasporto di calore: ipotesi di equilibrio termico interfacciale; coefficiente 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); per la velocità di generazione dell'energia interna (effetto Joule, irradiazione termico); elementi di termodinamica dei processi irreversibili; principi generali; diffusività di quantità dimoto, 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 dimoto, 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 trasporto; 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. *2 copie coll: RD1146, RD1145*
- BIRD R.B., STEWARD W.E., LIGHTFOOT E.N., *Fenomeni di trasporto*, C.E.A., Milano, 1970. *1 copia coll: R01175*
- BRODKEY R.S., HERSHEY H.C., *Transport Phenomena - A Unified Approach*, McGraw-Hill, New York, 1988.

HENLEY E.J., SEADER, J.R., *Equilibrium Stage Separation Operations in Chemical Engineering*, J. Wiley & Sons, New York, 1981. *1 copia coll: RA 11 61*

DENN. M.N., *Process Fluid Mechanics*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1980. *1 copia coll: HA 11 42*

2 copie → MARRO G., *Fondamenti di teoria dei sistemi*, Pàtron, Bologna, 1979. *6 F 11 53, 6 F 11 60*

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.

4641

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. *La qualità totale*: considerazioni generali; qualità totale e progettazione; sicurezza del prodotto.

1.2. *Organizzazione del progetto di un impianto industriale*: fasi della progettazione; documenti di progetto; norme di legge e di buona tecnica; normalizzazioni tecniche; basi economiche dei progetti industriali; tecniche di gestione dei progetti industriali.

2. Elementi di controllo e ottimizzazione degli impianti chimici.

2.1. *Cenni di teoria dei sistemi*: definizioni e classificazione; stato, controllabilità, osservabilità e stabilità; algebra degli schemi a blocchi; collegamenti elementari dei sottosistemi.

2.2. *Il controllo dei processi*: il problema del controllo; principali schemi di controllo (a catena aperta; a retroazione, in cascata, adattivo, inferenziale); controllo tutto-niente; azioni elementari di controllo (proporzionale, integrale e derivativa); applicazioni.

2.3. *Cenni sui componenti dei sistemi di controllo*: elementi di misura (di livello, pressione, portata, temperatura, pH, ecc.); trasduttori (pneumatici, elettronici); controllori (pneumatici, elettronici); attuatori (elettrici, idraulici, pneumatici); valvole; dispositivi logici elementari (relais, temporizzatori, ecc.); calcolatori di processo; sistemi esperti.

2.4. *Controllo dei principali apparati e processi industriali*: pompe; compressori; processi di miscelazione; scambiatori di calore; caldaie; forni; essiccatori; evaporatori; sistemi refrigeranti; torri di raffreddamento dell'acqua; condizionamento dell'aria; cristallizzatori; centrifughe; estrusori; pH; reattori chimici, ecc.

2.5. *Cenni sull'ottimizzazione degli impianti chimici*: processi continui; processi discontinui e semicontinui; sintesi ottimale; vincoli ambientali.

3. *Trasporto e stoccaggio dei materiali.*

- 3.1. *Flusso monodimensionale dei fluidi incompressibili*: condotte in pressione (moto uniforme, moto permanente, moto vario; moto bifase gas-liquido); correnti a pelo libero (moto uniforme, moto permanente, cenni sul moto vario); efflusso da luci (a battente e a stramazzo); applicazioni.
- 3.2. *Flusso monodimensionale di fluidi compressibili (gas perfetti)*: moto stazionario isentropico (ugelli di efflusso); moto stazionario adiabatico di una corrente di sezione costante (linee di Fanno e di Rayleigh, diagrammi di Laple); applicazioni.
- 3.3. *Trasporto dei fluidi*: tubazioni, accessori di linea; impianto di fognatura; impianti di aerazione e di aspirazione localizzata; linee di *blowdown*; trasporto in cisterne; esempi.
- 3.4. *Trasporto dei solidi*: pneumatico; idraulico; trasportatori a nastro, a tazze, a coclea, ecc.; esempi.
- 3.5. *Sistemi di stoccaggio*: serbatoi; vasche; gasometri; depositi e recipienti per gas; sili; cumuli; discariche controllate; accessori; esempi.

4. *Sistemi attivi e passivi di sicurezza (prevenzione e protezione).*

- 4.1. *La sicurezza degli impianti chimici*: rischio d'incendio, esplosione, scoppio, rilascio di sostanze pericolose; rischio elettrico; rischio meccanico (da organi in movimento, da carichi sospesi, ecc.); rischio da calamità naturali; la sicurezza delle strutture; il fattore umano; criteri progettuali.
- 4.2. *Organi di sicurezza*: sfiati e valvole per sovrappressione e depressione; valvole di sicurezza; dischi di rottura; sistemi di soppressione e di arresto di fiamma; apparecchiature antiesplosioni; sistemi di allarme e blocco; sistemi di torcia; sistemi di protezione contro le scariche atmosferiche; impianti di messa a terra; installazioni elettriche a sicurezza; organi di protezione meccanica (regolatori e limitatori di velocità, schermi di protezione, sistemi di frenatura, ecc.); calcoli; applicazioni.
- 4.3. *Sistemi antincendio e contro la dispersione di sostanze pericolose*: l'incendio (combustione, sostanze infiammabili, cause, propagazione, fattori significativi); distanze di sicurezza e di protezione; compartimentazione; elementi costruttivi resistenti al fuoco; filtri a prova di fumo; sistemi di vie d'uscita; aerazione dei locali; intercapedini; dispositivi di sicurezza per i serbatoi di liquidi pericolosi (bacini di contenimento, anelli di raffreddamento, dispositivi a fluido, a saturazione, a doppia chiusura a liquido, a tetto galleggiante, ecc.); rivelatori di gas e vapori, impianti automatici di rivelazione d'incendio (rivelatori termici, di fumo, di fiamma); impianti fissi e mobili d'estinzione (ad acqua, a schiuma, a polvere, a gas inerti, a idrocarburi alogenati); cortine di vapore e di acqua; calcoli; applicazioni.
5. *Sezioni tipiche di impianti chimici industriali*: criteri generali ed esempi di schemi di processo, schemi di marcia (diagrammi P&I), assonometria, fogli di specifica di apparati; opere edili e servizi; regole pratiche di progettazione.

Testi consigliati:

(per l'elenco dei testi consigliati e per la bibliografia essenziale inerente agli argomenti dell'insegnamento rivolgersi al Dipartimento di Ingegneria chimica e di Processo).

L'esame consiste in una prova orale e comporta l'uso di un *personal computer* per la soluzione degli esercizi.

10402

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE (vedi 11)Docente: **Franco P. Foraboschi** prof. ord. (inc.)

5802

PROPRIETÀ TERMODINAMICHE E DI TRASPORTODocente: **Ferruccio Doghieri** ricerc. (inc.)

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. 2 copie coll: RA 11 46, RA 11 45
 R.B. BIRD, W.E. STEWART, M.E. LIGHTFOOT, *Fenomeni di trasporto*, CEA, Milano, traduzione di «Transport Phenomena», Wiley Int. Ed., N.Y., 1960. copia, RA 11 45
 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. 1 copia coll: RA 11 32

Propedeuticità consigliata: Principi di ingegneria chimica.

L'esame si articola in una prova scritta e in un colloquio.

2235

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 composti impiegati nell'Ingegneria. Proprietà generali e principali processi tecnologici di fabbricazione e/o formatura (fusione/stampaggio, gelificazione, sinterizzazione, lavorazioni meccaniche).

Materiali monocristallini, policristallini ed amorfi. Difetti strutturali dinamici e statici, di equilibrio e di non equilibrio. Difetti statici: di punto, di linea, di superficie e di volume. Concentrazione dei difetti e proprietà dei materiali cristallini. Microstruttura e proprietà fisico-meccaniche dei materiali polifasici: eq. di Hall-Petch. Materiali compositi. Trasformazioni di equilibrio e di non equilibrio e microstruttura dei materiali (segregazione, involuppi, 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. WUFF (et al.), *Struttura e proprietà dei materiali*, CEA, Milano, 1976.

A.G. GUY, *Introduction to Materials Science*, McGraw-Hill, 1975. **RF 11 16**
(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.

886

SCIENZA DEI METALLI (vedi 09)

6801

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 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 copia coll: LA 11 106/2
= 3 copie coll: LA 11 2, LA 11 85/1, LA 11 104
1. A. DI TOMMASO, *Fondamenti di scienza delle costruzioni*, Patron, 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. 1 copia coll: LA 11 150
 7. A. CARPINTERI, *Geometria delle masse*, Pitagora, Bologna. 2 copie coll: LA 11 4, LA 11 111
 8. M. CAPURSO, *La statica del cemento armato*, Pitagora, Bologna.

3 copie coll: LA 11 102 1 T, LA 11 1/1, LA 11 82 1 T

3 copie LA 11 115, LA 11 118, LA 11 119

5 copie LA 11 1/2, LA 11 82 2, LA 11 101 2

LA 11 162 2, LA 11 144 2

10405

SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI CERAMICI

Docente: Carlo Palmonari prof. ord.

Introduzione all'insegnamento

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

Microstruttura e proprietà generali dei materiali ceramici

Legami atomici e strutture cristalline dei ceramici. 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. 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, regolarità dell'umidità. Processi a secco e processi a umido. 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.

L'essiccamento

Il sistema argilla acqua e l'essiccamento. Processi di essiccamento.

Gli smalti e la smaltatura

Funzioni degli smalti. Tipi, composizioni, struttura degli smalti ceramici. Caratteristiche e durabilità del 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. Tecnologie di cottura.

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, stovigliera, ceramica artistica, refrattari, abrasivi, porcellane per elettrotecnic;* discutendo per ognuna:

- classificazione
- cicli tecnologici di fabbricazione
- caratteristiche principali e rispettivi metodi di misura
- norme di riferimento e requisiti per le diverse caratteristiche
- correlazioni fra caratteristiche e prestazioni in esercizio
- criteri generali di scelta.

I prodotti ceramici per tecnologie avanzate

Ceramici di base di ossidi, nitrucci, carburi, boruri. Le caratteristiche meccaniche dei ceramici strutturali. Principi e processi di sinterizzazione.

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:

G. ALIPRANDI, *Principi di Ceramurgia e Tecnologia Ceramica*, Ed. EGIC, Genova. Pubblicazioni specifiche distribuite dal docente.

P. di C. e T.C. 1 = 1 copia coll. RF II 2/1 P. di C. e T.C. 2 = 1 copia coll. RF II 2/2
Esami: L'esame consta di una prova orale.

P. di C. e T.C. con altre collaborazioni: 1 copia coll. RF II 33

4152

STRUMENTAZIONE BIOMEDICA (vedi informaz.)

TECNOLOGIE CHIMICO-AGRARIE

Docente: P.G. Pifferi

Caratteristiche dell'industria alimentare e peculiarità dell'industria alimentare italiana. Analisi dei consumi energetici in relazione al processo, al prodotto e al confezionamento. Il ciclo di vita del prodotto alimentare.

Le classi di componenti dei prodotti alimentari: zuccheri, proteine, grassi, polifenoli, pigmenti, vitamine, acidi, sali.

L'acqua degli alimenti e suo ruolo funzionale; l'attività dell'acqua, sua importanza nella conservazione degli alimenti e sua determinazione. Le isoterme di adsorbimento dell'acqua per i singoli costituenti e i differenti alimenti.

I microorganismi dei prodotti alimentari; caratteristiche morfologiche e biochimiche di batteri, lieviti e muffe.

Il ruolo degli enzimi endogeni ed esogeni nella tecnologia alimentare. Modifiche funzionali, nutrizionali ed organolettiche di prodotti alimentari mediante enzimi liberi ed immobilizzati.

Metodi di conservazione degli alimenti fisici, chimici, biologici. Previsione della *shelf-life* di alimenti.

Il ruolo e la natura dei contenitori per gli alimenti; biocompatibilità, capacità barriera, impatto ambientale, funzione d'uso. La scelta del contenitore in relazione al processo ed al prodotto.

Metodi fisici di conservazione degli alimenti: atmosfera controllata e modificata, refrigerazione, congelamento, criocongelamento, concentrazione, liofilizzazione, essiccamento, microonde, sterilizzazione. Metodi chimici: utilizzo di zuccheri, acidi, sali, solventi, oli e di additivi naturali o di sintesi. Metodi biologici: trasformazione di zuccheri, proteine, grassi.

La qualità dei prodotti e dei processi alimentari. La certificazione della qualità e l'analisi HACCP.

Industria enologica: chimica del mosto e tecnologia di produzione del vino. Il latte e la sua trasformazione industriale.

La produzione delle conserve vegetali. Valorizzazione di materiali di scarto dell'industria alimentare: isolamento di polifenoli, produzione di pectine e di coloranti rossi, per alimenti.

1043

TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA

Docente: **Franco Sandrolini** prof. ord.

L'insegnamento 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.

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 e 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.

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.

Testi consigliati:

- G. RINALDI, *Materiali e Chimica applicata*, Siderea, Roma, 1985-86. *Acopia coll: RF 11622*
 V. ALUNNO ROSSETTI, *Il Calcestruzzo. Materiali e tecnologie*, McGraw-Hill Libri Italia s.r.l., Milano, 1995.
 M. ILLSTONE (ed.), *Constructions materials*, E & F Spoon, London, 1994.

Propedeuticità consigliate: Scienza delle Costruzioni, Elettrotecnica, Fisica tecnica.

11241

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, combina-

zione delle probabilità, tecnica Monte Carlo. Elementi di teoria delle decisioni: le alternative, i criteri di valutazione, i criteri di decisione (massimo valore atteso, massima utilità).

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.

7951

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 temperatura 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-entropia 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 e 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.

Miscele ideali; proprietà.

Miscele 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. PRAUSITZ, P. POLING, *The Properties of Gases and Liquids*, McGraw-Hill, 1990.

M.W. ZEMANSKY, M.M. ABBOTT, H.C. VAN NESS, *Fondamenti di termodinamica per ingegneri*, Zanichelli, 1979. *1 copia coll: CA 11 5/1* *1 copia coll: CA 11 5/11*

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

6 copie coll: CA 11 136, CA 11 73, CA 11 88, CA 11 88

(02) CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE

02

AERODINAMICA (vedi 09)

1349

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

Preliminari sulle funzioni. Numeri complessi. Successioni, serie numeriche. Funzioni di una variabile reale: limiti e continuità; derivate; integrazione (e integrali impropri). Cenni di probabilità.

Testo: ogni anno viene scelto e seguito a lezione un testo universitario di Analisi uno (e vengono forniti appunti relativi ad eventuali argomenti trattati a lezione non contenuti nel testo). In genere ci si può comunque preparare per l'esame anche utilizzando testi diversi.

È opportuno che lo studente attui la sua preparazione anche mediante l'uso di un testo di esercizi svolti, in quanto l'esame prevede una prova scritta, che costituisce parte importante dell'esame, anche ai fini della valutazione complessiva.

Lo studente può prendere visione degli esercizi assegnati all'esame anche consultando il volumetto: *Prove di esame di Analisi Matematica I* (a cura di Pier Luigi Papini), ed. Esculapio (progetto Leonardo; 2^a edizione), Bologna 1995.

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).

Esame: scritto e orale.

1353

ANALISI MATEMATICA IIDocente: **Giovanna Citti** prof. ass.

Successioni e serie di funzioni.

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

Integrali curvilinei. Integrali multipli. Integrali superficiali.

Sistemi di equazioni differenziali.

Testi consigliati:

- T. APOSTOL, *Calcolo*, vol. 3, Boringhieri. *1 copia coll: BA 11 138/2*
 L. AMERIO, *Analisi matematica*, voll. I, II, UTET. *2 copie coll: BA 11 125/11*
 D. GRECO, G. STAMPACCHIA, *Esercitazioni di Matematica*, vol. II, Liguori.
 C. MIRANDA, M. PICONE, *Esercizi di Analisi matematica*, Liguori.

Esame: scritto e orale.

50

ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA (vedi 04)

51

ARCHITETTURA TECNICA

Docente: **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 metodi 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.

9939

CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE

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

Generalità sulla risoluzione dei problemi mediante elaboratore elettronico. Analisi dei problemi, definizione di algoritmo e sue proprietà. Linguaggi per la descrizione degli algoritmi. Programmazione degli algoritmi.

Descrizione funzionale di un elaboratore elettronico. Rappresentazione delle informazioni.

Linguaggi di Programmazione: FORTRAN 77 e cenni di FORTRAN 90.

Rappresentazione dei numeri sul calcolatore, precisione di macchina, complessità computazionale, condizionamento di un problema, stabilità di un algoritmo.

Sistemi di equazioni lineari: Metodi diretti: metodo di Gauss e sue varianti, fattorizzazione LU, metodo di Crout e Cholesky. Norme matriciali ed indici di condizionamento. Fattorizzazione QR e problema lineare dei minimi quadrati: metodo di Householder, metodo di Gram-Schmidt. Metodi iterativi: studio della convergenza. Metodi di Jacobi e di

Gauss-Seidel. Metodi di Jacobi e di Gauss-Seidel a blocchi. Metodi di rilassamento.

Autovalori ed autovettori: Localizzazione degli autovalori. Metodi di Householder, di Givens. Metodo QR e varianti. Metodo di Jacobi. Metodo delle potenze e delle potenze inverse e varianti. Deflazione.

Equazioni e sistemi non lineari: Problemi di punto fisso, ordine di convergenza, condizioni di convergenza. Equazioni non lineari: metodo delle tangenti o di Newton e sue varianti, metodo delle corde, delle secanti e di bisezione. Sistemi non lineari: metodo di Newton-Raphson e sue varianti, metodo di Jacobi e Gauss-Seidel non lineari.

Interpolazione ed approssimazione: Interpolazione polinomiale: formula di Lagrange e di Newton, differenze divise e differenze finite. Interpolazione con funzioni polinomiali a tratti: funzioni spline. Approssimazione ai minimi quadrati.

Derivazione ed integrazione: Formule di quadratura interpolatorie. Formule di Newton-Cotes, Formule newtoniane composte. Valutazione pratica dell'errore. Metodo di estrapolazione di Richardson. Formule Gaussiane.

Ottimizzazione: Problemi unidimensionali: metodo dicotomico, metodo di Fibonacci, metodo della sezione aurea. Problemi multidimensionali: metodi di discesa, metodi del gradiente e del gradiente coniugato.

Equazioni differenziali ordinarie e a derivate parziali: Problemi di valori iniziali. Metodi ad un passo e a più passi. Metodi di Runge-Kutta. Problemi con condizioni ai limiti. Metodi alle differenze finite.

Le lezioni vengono integrate con una serie di *esercitazioni pratiche* con il calcolatore.

Testi consigliati:

- 1 copia coll: BB 11 245
 R. BEVILACQUA, D. BINI, M. CAPOVANI, O. MENCHI, *Metodi Numerici*, Zanichelli, 1992.
 D. BINI, M. CAPOVANI, O. MENCHI, *Metodi Numerici per l'Algebra Lineare*, Zanichelli, 1988. 1 copia coll: BA 11 210
 I. GALLIGANI, *Elementi di Analisi Numerica*, Calderini, 1986. 1 copia coll: 00 11 73
 M. GEI, F. SGALLARI, *Personal Computer: Microsoft DOS, WINDOWS e FORTRAN, con elementi di grafica ed esercizi*, Progetto Leonardo, Esculapio, Bologna, 1994. x 8 12
 A. GUIDAZZOLI, F. SGALLARI, *VAX/VMS e PC/MS-DOS: concetti di base per il laboratorio*, Progetto Leonardo, Esculapio, Bologna, 1993. 2 copie coll: x 8 11, x 8 13
 G. MONEGATO, *Calcolo Numerico*, Levrotto e Bella, 1990.
 1 copia coll: BB 11 246

Esame: scritto e orale.

10006

CARATTERI DISTRIBUTIVI E COSTRUTTIVI DEGLI EDIFICI

Docente: **Gabriele Giacobazzi** ricerc.

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 qua-

dro 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 critici 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.

1357

CHIMICA (vedi 09)Docente: **Andrea Munari** prof. ass.

4125

CONSOLIDAMENTO DEI TERRENIDocente: **Albino Lembo Fazio** prof. ass.

Scopi del consolidamento dei terreni. Caratteristiche del terreno più influenti sul consolidamento. Rassegna dei principali tipi di consolidamento dei terreni a seconda del

campo d'azione. Le iniezioni: il moto delle miscele all'interno dell'ammasso terroso e delle rocce fessurate, la penetrabilità, la stabilità, il tempo, la temperatura, i sali del materiale iniettato, la durezza, il claquage, la pressione di iniezione, la tecnica, la sicurezza, le disposizioni esecutive. I vari tipi di miscele. La presa, la gelificazione, gli elettroliti, i vari tipi di resine. Campi di applicabilità delle varie miscele. I sistemi di iniezione. I vari casi di impiego. Consolidamento meccanico statico: precarico, pali in sabbia, teoria e metodi, prova edometrica. Consolidamento meccanico dinamico; rulli, magli, pali battuti, teoria e metodi. Vibroflottazione. Consolidamento con mezzi termici. Consolidamento elettrosmotico. Studio della stabilità delle scarpate. Frane: classifica, superfici di scorrimento, velocità di traslazione, ricerca dell'equilibrio. Causa di instabilità, vari tipi di acque. Equazioni di equilibrio, abaco di Taylor. Opere di difesa, movimento di masse, drenaggi, opere di difesa al piede, esempi. Consolidamento di scarpate in roccia: bullonature semplici e precomprese, verifica di stabilità, dimensionamento delle opere di difesa.

Testi consigliati

CAMBEFORT, *Iniection des sols*.

COLOMBO, *Geotecnica*. 1 copia coll: L' A 11 6

204

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 infrastrutture viarie. Veicoli circolanti, sinistrosità. Ripartizione modale del traffico.

Traffico. Indici di traffico. Portata stradale. Velocità. Relazioni fra portata, densità, velocità. Indagini di traffico.

Progetto della sezione stradale. Assegnazione del traffico alla rete. Livelli di servizio. Autostrade. Strade a due corsie. Elementi di riduzione della capacità. Verifica della sezione. Normativa CNR n° 78 e n° 60.

Il progetto stradale. Normativa CNR n° 77. Le fasi del progetto. Cartografia. Tracciamento; Rettifica. Profilo. Sezioni. Opere d'arte.

Equazione del moto. Resistenze in rettilineo e orizzontale, per pendenza, per forze d'inerzia, per curve. Determinazione della pendenza massima.

Curve. Raggio minimo. Pendenza trasversale. Norme CNR. Allargamento. Viabilità. Raccordi planimetrici. Raccordi altimetrici. Tracciamento delle curve.

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

Il Corpo stradale. Classifica delle terre. Prove sulle terre in laboratorio ed in sito. Piano di posa dei rilevati. Rilevati. Piano di posa delle trincee. Trincee. Compattazione. Macchine stradali. Geotecnica stradale. 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. Costruzione di Poncelet. Casi particolari. Metodo di Resal. Metodo di Culmann. Muri di sostegno. Verifiche di stabilità. Muri e gravità. Muri in c.a. a elle ed a costoloni. Opere complementari. Muri a tiranti. Terra armata. Muri ad elementi. Terra rinforzata.

Gallerie. Sezioni. Dimensionamento. Classifica rocce. Carichi agenti e parametri geo-meccanici. Calcolo rivestimento. Sostegni. Fasi esecutive. Sistemi tradizionali. Metodo NATM. Metodo Belga, Austriaco, Scudo.

Ferrovie. Sovrastruttura: elementi compositivi e materiali. Scartamento. Rotaie. Apparecchi del binario. Stazioni.

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

Sovrastrutture stradali. Tipologie. Strati superficiali. Strati di base. Strati di fondazione. Pavimentazioni rigide. Trattamenti superficiali. Reologia dei conglomerati bituminosi. Controlli sulle pavimentazioni. Prove sui materiali stradali. Calcolo delle sovrastrutture. Metodi semiempirici: CBR, Road Note 29, AASHO. Metodi razionali. Catalogo delle sovrastrutture. Calcolo delle sovrastrutture rigide.

Testi consigliati:

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

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 — Indirizzò pratico — applicativo nella progettazione esecutiva di un tronco stradale e nella valutazione del suo costo.

5603

COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI II

Docente: **Giulio Dondi** ricerc. (inc.)

— Il traffico. Le statistiche. I flussi orari. La curva di distribuzione dei flussi orari. La curva delle percentuali di velocità. Vari tipi di velocità. Capacità. Capacità massima e minima. Capacità possibile. Livelli di servizio. Il progetto della sezione stradale. Studio della redditività delle infrastrutture stradali: tempi di percorrenza, consumo di carburante, lubrificanti, pneumatici, manutenzione, costi attualizzati, benefici attualizzati, analisi costi-benefici.

— La costruzione dei rilevati e delle trincee. Stabilità del piano di posa: carichi di rottura e di plasticità. Cedimenti. Stabilità delle scarpate. Consolidamento dei piani di posa e delle

scarpate. Problemi di addensamento. Prove Proctor e CBR. Il cantiere stradale. I mezzi di costipamento. I mezzi di scavo e trasporto. Il controllo della densità.

— I sottofondi stradali. Definizione della portanza. Prova di carico con piastra: a ciclo unico ed a cicli ripetuti. Metodo HRB. Metodo Maresca, Metodo CBR e FAA. Determinazione di K e M_c .

— Le sovrastrutture stradali. I tipi tradizionali. I tipi moderni. Strati di fondazione, di base, di collegamento e di usura. Inerti granulari, stabilizzati, misti cementati, stabilizzazione a calce, a cemento. Progettazione dei conglomerati bituminosi. Prove Marshall: di bitume, granulometria, indice dei vuoti, filler. Reologia dei conglomerati bituminosi: prove dinamiche, prove di creep, modulo complesso, influenza della temperatura e della frequenza. Progettazione dei conglomerati cementizi: % di cemento, inerti, acqua. Resistenza, confezione, posa. Giunti.

— Calcolo delle sovrastrutture stradali. Sistemi di controllo: deflettometro, trave di Benkelmann. Vita utile. Previsione dei carichi. Fattori di equivalenza. Metodi teorici. Metodi semiempirici: Goldback, CBR, IG, Road Note 29, Prova AASHO (PSI, I_s). Metodi razionali: Burmister, leuffroy e Bachelez. Acum e Fox, Ivanov, Bisar. Cataloghi. Pavingmentazioni cementizie: Westergaard, Burmister-Peltier, Hogg. Influenza della temperatura: variazioni stagionali, variazioni giornaliere.

— Aeroporti. Scelta dell'ubicazione. Lunghezza e larghezza delle piste di volo. Determinazione dell'orientamento. Piazzali. Segnaletica. Calcolo della sovrastruttura. Prove di carico. Zone critiche. Gambe di forza. Carico equivalente su ruota singola. Numero LCN dell'aeroporto e dell'aereo. Calcolo delle sovrastrutture flessibili e rigide.

— Intersezioni. I punti di conflitto: principali e secondari. Le intersezioni a livello. Canalizzazioni. Corsie di accelerazione e decelerazione. Esempi di intersezioni a livello. Le intersezioni a livelli separati. Esempi di trombeta e di quadrifoglio. Le autostrade: il tipo chiuso ed il tipo aperto, le stazioni a barriera e di allacciamento, la viabilità autostradale in Italia.

— Le gallerie. Le tecniche moderne di scavo. Impianti di ventilazione. Calcolo del rivestimento. Problemi particolari. Consolidamento.

— Le ferrovie. L'armamento ferroviario. Sovrastrutture ferroviarie. La rotaia, le traversine, il ballast. Le stazioni. Gli svincoli.

Testi consigliati:

G. TESORIERE, *Costruzioni di Strade, Ferrovie ed Aeroporti.*

F. GIANNINI e P. FERRARI, *Costruzioni stradali e ferroviarie.*

COSTRUZIONI IDRAULICHEDocente: **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 idri-

che: 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. Sistemi 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).

Tesi di laurea, disponibili sia applicative che di ricerca.

Testi consigliati

- 1 copia coll: MD 116/11
- G. SUPINO, *Le reti Idrauliche*, Pàtron, Bologna. 2 copie coll: MA 11 27, MA 11 66
- G. EVANGELISTI, *Impianti Idroelettrici*, Pàtron, Bologna. MD 11 6/1 MD 11 7/1
- 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. 2 copie coll: MD 11 4/1
- 1 copia coll: MD 11 4/III
- 1 copia coll: MD 11 4/III
- 2 copie coll: MA 11 50, MA 11 35 T

11704

COSTRUZIONI IN ZONA SISMICADocente: **Pier Paolo Diotallevi** prof. straord. (inc.)

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 informativi e prescrizioni delle vigenti norme (analisi modale semplificata). Sistemi strutturali piani semplici e composti. Sistemi strutturali con comportamento spaziale. Formulazione al discreto ed al continuo. Sistemi equivalenti a strutture complesse. Le norme vigenti.

Analisi sismica di strutture con comportamento non lineare. Duttilità di una sezione e di un elemento strutturale per azioni monotone e per azioni cicliche. Cerniera plastica e duttilità. Oscillatore elasto-plastico. Spettro di risposta di progetto: coefficiente di struttura. Progetto a duttilità controllata. Sistemi a più gradi di libertà: procedimenti di calcolo, programmi di calcolo, metodi semplificati. La normativa europea per le zone sismiche.

Criteri di progetto per le diverse tipologie strutturali. Strutture di c. a., a 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.

2424

COSTRUZIONI MARITTIME

Docente: **Stefano Pilati** ass. ord. (inc.)

1) Richiami sui moti ondosi: onde lineari e teorie di Stokes, Airy e Gerstner; onda solitaria. Maree: teoria statica; correnti marine e loro origine. Condizioni di frangimento. Riflessione, rifrazione e diffrazione delle onde. Valutazione delle massime altezze d'onda prevedibili in un paraggio: formule empiriche; metodo dell'onda significativa; metodo dello spettro di energia; criteri per la scelta dell'altezza d'onda di progetto. Azioni esercitate dalle onde sulle strutture. Effetti dell'acqua di mare sui calcestruzzi e sugli altri materiali da costruzione; corrosione dei metalli e protezione catodica.

2) Caratteristiche dei natanti e principali problemi della navigazione. Cartografia nautica; segnalazioni radioelettriche; fari e boe.

3) Le coste, definizioni e interazione col mare; trasporto di materiale da parte del mare: corrosioni e ripascimenti e loro cause; valutazione del trasporto solido lungo le rive; opere di difesa delle coste.

4) I porti: tipi, configurazioni e principali strutture. Le dighe e i moli di protezione: tipi e criteri di dimensionamento, problemi statici, economici e costruttivi; fondazioni. Le opere interne: banchine, darsene, terrapieni e loro attrezzature; terminali specializzati. Calcolo dei muri di sponda di vario tipo e degli organi di ormeggio. Strutture speciali nei porti: chiuse per docks, bacini da carenaggio e bacini-scalo: tipi ed elementi di calcolo. Esempi recenti di grandi realizzazioni.

5) I porti turistici. Caratteri generali, criteri tecnico-economici di impianto e dimensionamento. Valutazione delle aree necessarie. Tipi di strutture d'attracco e di servizio.

6) Idrovie artificiali e naturali. Tipi e dimensioni dei natanti, in relazione ai manufatti dell'idrovia; conche di navigazione, elevatori, passi a raso, ponti-canale e problemi statici e idraulici connessi. Canalizzazione dei corsi d'acqua per la navigabilità; leggi di Fargue e mezzi di intervento sull'andamento planimetrico; opere radenti e trasversali.

7) Opere fluviali. Controllo e correzione del profilo altimetrico di un corso d'acqua con briglie e soglie. Il problema della difesa dalle piene: interventi estensivi ed intensivi; serbatoi di 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.

6200

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. Equazioni del moto e studio delle oscillazioni libere e forzate, con e senza smorzamento. Determinazione sperimentale del fattore di smorzamento. Integrale di Duhamel. Isolamento dalle vibrazioni. Energia dissipata.

Dinamica dei sistemi discreti a più gradi 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 di 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. Applicazione 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 rigidezza a sforzo assiale. Matrice di rigidezza a flessione e funzioni di norma. Matrice di rigidezza di molle in serie. Discussione generale del sistema di equazioni con ripartizione della matrice di rigidezza in funzione delle condizioni al contorno. Matrice di rigidezza espansa. Determinazione delle matrici di massa, di smorzamento e di rigidezza 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. *1 copia coll: LA 11 76*

C. GARAVINI, *Dinamica delle strutture*, ESA, Roma, 1978.

M. PAZ, *Dinamica strutturale*, Libreria Flaccovio Editrice, 1985. *1 copia coll: LA 11 338*

A. CASTIGLIONI, *Introduzione alla dinamica delle strutture*, Masson Italia Editori, Milano, 1978.

LA 11 148 T

F. CESARI, *Metodi di calcolo nella dinamica delle strutture*, Pitagora Editrice, Bologna, 1993. 2 copie coll: LA 11 145 T (135 T), 1 copia coll: LA 11 158

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. 5 copie coll = LA 11 113, LA 11 82 3, LA 11 101 3, LA 11 162 3
LA 11 144 3

1362

DISEGNO

Docente: **Roberto Mingucci** prof. ass.

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. Innesti e raccordi di superfici.
- Sezioni piane del cono. Omologia. Corrisp. omologica con la circonferenza. Sezioni del cilindro.
- Proiezioni oblique. Teoria delle ombre ed 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 proiettiva* 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.

Esame: scritto e orale.

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. PC 16
- 3) AA.VV., *Manuale dell'architetto*, Roma, Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1962.

Testi di approfondimento:

- 4) M. VILLA, *Elementi di proiettiva grafica, geometria descrittiva, nomografia*, Padova, Editore Cedam, 1969. 2 copie coll: BA 1133, BA 11434
- 5) M. DOCCI, R. MIGLIARI, *Scienza della rappresentazione*, Bari, Editore Nuova Italia Scientifica, 1992. 2 copie coll: PC 17

3656

DISEGNO II

Docente: **Alberto Pratelli** prof. ord.

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'architettura 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 assonometrici; 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 «maniere» 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.

275

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.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

Appunti informali dei docenti.

R. MIGLIO, *Circuiti elettrici in corrente continua*, Progetto Leonardo, Bologna. *1 copia coll: FA 11 2*

R. MIGLIO, *Trasformatori monofasi, trifasi e speciali*, Progetto Leonardo, Bologna. *FB 11 23*

R. MIGLIO, *Circuiti elettrici in regime variabile*, Progetto Leonardo, Bologna. *PA 11 12*

R. MIGLIO, *Macchine elettriche rotanti*, Progetto Leonardo, Bologna. *FB 11 86*

F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica generale*, Ed. Pitagora, Bologna. *(99) FA 11 11*

F. LICETO, *Lezioni di Elettrotecnica*, vol. III, *Elementi di Impianti elettrici*, Ed. La Goliardica, Roma.

5 copie coll: FA 11 26, FA 11 25, FA 11 23, FA 11 22, FA 11 24

ELETTROTECNICA II (vedi 11)

Esame: scritto e orale.

2429

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 estimativi 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 della teoria della domanda di mercato; La domanda per il prodotto di un'impresa.

Teoria della produzione: La funzione di produzione per un singolo prodotto; Le leggi della produzione; Progresso tecnico e funzione della produzione; Equilibrio dell'impresa (problemi di ottimizzazione delle combinazioni di fattori produttivi); Derivazione delle funzioni di costo dalla funzione di produzione.

Teoria dei costi di produzione: Alcune considerazioni generali; La teoria neoclassica dei costi di produzione; Teorie moderne dei costi di produzione; Le curve ingegneristiche di costo; Analisi delle economie di scala; Evidenze empiriche; Curve dei costi e processi decisionali.

Teoria dell'impresa: Concorrenza perfetta; Considerazioni generali; Equilibrio di breve periodo; Equilibrio di lungo periodo; Equilibrio settoriale e cambiamenti dinamici; Monopolio: Considerazioni generali; Domanda e ricavo; Costi; Equilibrio del monopolista; Oligopolio; Oligopolio non collusivo; Oligopolio collusivo; I cartelli; La leadership di prezzo; Critica alla teoria neoclassica dell'impresa: la controversia marginalista e teoria dell'impresa manageriale.

Teoria dell'equilibrio economico generale: Le indipendenze nel sistema economico; Analisi walrasiana; Esistenza; unicità e stabilità dell'equilibrio; Le interdipendenze settoriali; Input-Output Analysis di Leontieff.

Testi consigliati:

Costituisce testo fondamentale per l'acquisizione delle problematiche presentate nel corso: T. COZZI, S. ZAMAGNI, *Economia Politica*, Il Mulino, Bologna, ultima edizione, Capitoli 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

TA II 41

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. 10/1977 (Bucalossi). Sentenze di incostituzionalità. Situazione attuale della legislazione.

Stima dei diritti reali

a) Servitù prediali coattive. Generalità. Passaggio coattivo. Acquedotto coattivo. Eletto dritto 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. **TC II 2**
- b) G. PONGILUPPI, *Diritti ed espropriazioni nelle procedure estimative*, Ed. Progetto Leonardo, Bologna, 1995.
- c) I. MICHELI, *Trattato di Estimo*, Edagricole, Bologna, 1993 segg., solo per quanto attiene alla teoria di matematica finanziaria. **TC II 1**
- d) M. GRILLENZONI, G. GRITTANI, *Estimo, teoria, procedure di valutazione e casi applicativi*, Ed. Agricole Bologna, 2^a ed., 1995. **TC II 15**
- e) M. OREFICE, *Estimo civile*, vol. secondo, Utet, Torino, 1995. **TC II 4**
- 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.

1366

FISICA GENERALE I

Docente: **Stefano De Castro** ricerc.

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 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 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:

- CA II 144
CA II 83
CA II 84
CA II 1
CA II 52
- S. FOCARDI, I. MASSA, A. UGUZZONI, *Fisica I*, Editrice Pitagora. (6 voll.) CA II 121 1-6
- M. BRUNO, M. D'AGOSTINO, M.L. FIANDRI, *Esercizi di Fisica I*, Editrice Clueb Bologna. CA II 119
- A. BETTINI, *Meccanica e termodinamica*, Editrice Decibel-Zanichelli. CA II 409/1
- R. RESNICK, D. HALLIDAY, V.S. KRANE, *Fisica I*, Editrice Ambrosiana. CA II 113
- S. ROSATI, *Fisica generale*, Editrice Ambrosiana.

Esercitazioni: costituiscono parte integrante dell'insegnamento.

Esame: una prova scritta più una prova orale.

Propedeuticità consigliate: Analisi matematica I, Geometria e Algebra.

1370

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 \vec{P} e campo di induzione elettrica \vec{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.

E. AMALDI, R. BIZZARRI, G. PIZZELLA, *Fisica generale*, ed. Zanichelli.

M. ALONSO, E.J. FINN, *Elementi di Fisica per l'Università*, ed. Addison-Wesley.

MENCUCCINI, SILVESTRINI, *Fisica II*, ed. Liguori.

Esame: una prova scritta (problema di elettromagnetismo o ottica) più una prova orale sugli argomenti svolti.

Propedeuticità consigliate: Analisi matematica II, Fisica I.

430

FISICA TECNICA

Docente: **Paolo Tartarini** ricerc.

Richiami di termodinamica

Primo e secondo principio della Termodinamica. Diagrammi termodinamici di uso comune. Ciclo di Carnot. Ciclo di Rankine.

CA II 122/2

CA II 65/II, CA II 66/II

CA II 19/II

CA II 145/II

CA II 67/2

(6 copie
in tutto)

Sistemi a più componenti non reagenti, in fase gassosa

Miscele di gas perfetti. Miscele di gas reali. Miscele di gas e vapori. Miscele d'aria e vapor d'acqua. Diagramma di Mollier. Diagrammi psicrometrici. Trasformazioni psicrometriche. Misura del grado igrometrico.

Termocinematica

La conduzione - Legge di Fourier. L'equazione di Fourier. Conduzione stazionaria. Conduzione in regime variabile: cenni. Conduzione in mezzi anisotropi: cenni. Analogia elettrica.

Elementi di fluidodinamica - Generalità. Aspetti fisici del moto di un fluido. Moto laminare. Strato limite dinamico. Regione di ingresso. Equazioni fondamentali del moto. Alcune soluzioni analitiche delle equazioni di Navier-Stokes. Cenni di fluidodinamica turbolenta. Perdite di carico nei condotti.

La convezione - Generalità. Convezione forzata in regime laminare. Equazioni fondamentali del moto non isoterma. Analisi dimensionale. Similitudine. Strato limite termico. Convezione forzata: casi particolari. Convezione naturale o mista: casi particolari.

L'irraggiamento - Generalità. Definizioni. 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. Scambiatori di calore: problemi di progetto e verifica.

Termofisica degli edifici

Problemi termoigrometrici degli edifici - Isolamento termico degli edifici. La resistenza termica. Accumulo di energia nelle strutture. I ponti termici. Condensazione superficiale. Condensazione interstiziale. Diagramma di Glaser.

Esame: l'esame di profitto è costituito da una singola prova orale.

Testi consigliati:

A. COCCHI, *Elementi di termofisica generale ed applicata*, Esculapio, Bologna.

A. GIULIANINI et al., *Esercizi di Fisica Tecnica*, voll. 1-11, Patron, Bologna.

AUTORI VARI, *Esercizi di Fisica Tecnica*, voll. 1-11, Esculapio, Bologna.

4 copie: NAI 105, 77, 74, 82

(IN 3705)

2c.
NAI 25/I, 26/I

2c.
NAI 25/II, 26/II

9730

FONDAMENTI DI INFORMATICA

Docente: **Michele Favalli** ricerc.

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 ricorrenza. 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 «run-time» 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).

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

Introduzione ai sistemi informatici e linguaggio C:

S. CERI, D. MANDRIOLI, L. SBATTELLA, *Informatica Istituzioni / ANSI C*, McGraw-Hill, 1994. **KA II 420**

A. BELLINI, A. GUIDI, *Guida al linguaggio C*, McGraw-Hill, 1994. **(IN 7057)**

G. 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, 1980. **BB II 246**
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. **x B II 101**

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.

FONDAMENTI DI INFRASTRUTTURE VIARIEDocente: **M. Guastella** ricerc.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 completo, 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.

1656

FOTOGRAMMETRIADocente: **Gabriele Bitelli** ricerc.

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. Gli organi 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 per oggetti tridimensionali: ortofotoproiezione analogica ed analitica. Modelli digitali del terreno (DTM).

Cartografia numerica fotogrammetrica e suo impiego all'interno dei sistemi informativi territoriali (GIS).

Produttività del metodo fotogrammetrico. Capitolati d'appalto e collaudi in corso d'opera per la formazione di cartografia fotogrammetrica numerica.

La fotogrammetria dei vicini. Camere, metodologie di presa e restituzione per l'architettura e per applicazioni ingegneristiche ed industriali. Metodi semplificati di restituzione in monoscopia.

La fotogrammetria digitale: il dato raster (tecniche e strumenti di acquisizione, risoluzione geometrica e radiometrica, integrazione con altri dati), strumenti e tecniche di elaborazione. L'automazione nel processo fotogrammetrico.

Le immagini multispettrali. Cenni sul telerilevamento e sul suo utilizzo all'interno dei sistemi GIS.

Testi consigliati:

- K. KRAUS, *Fotogrammetria*, Vol. 1, ed. Levrotto e Bella, Torino, 1994. **EC II 19/1**
 A. SELVINI, *Elementi di Fotogrammetria*, ed. Città Studi, Milano, 1994. **EC II 17**

464

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 prospezioni 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 acque 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., GIGLIA G., *Introduzione alla geologia*, Pacini editore..

AUTORI VARI, *Geologia tecnica*, ed. I.S.E.D.I.

AUTORI VARI, *La dinamica della Terra*, Letture da «Le Scienze», ed. Mondadori.

D.E. ALEXANDER, *Calamità naturali*, ed. Pitagora.

EA II 29 } 2c.
EA II 1

EA II 5

EA II 12

EA II 3 (2c.)

2c.: EA II 52, 53

9757

GEOMETRIA E ALGEBRA (vedi 09)

Esame: scritto e orale.

2007

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 compor-

tamento 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 penetrometro 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 rigidezza nulla e a rigidezza 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, *Elementi di Geotecnica*.

C. CESTELLI GUIDI, *Geotecnica e tecnica delle fondazioni*.

TERZAGHI-PECK, *Geotecnica*. UTET 1974 EA II 16

R. LANCELOTTA, *Geotecnica*. Zanichelli 1993 EA II 40

EA II 6

v. 1 (1987) EA II 37/1

v. 1 (1975) 2c:

EA II 11/1, 15/1

v. 2 (1991) EA II 37/2

v. 2 (1980) 2c:

EA II 11/2, 15/2

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.

1724

GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE

Docente: **Massimo Ferraresi** ricerc.

Programma

- Obiettivi e criteri della pianificazione delle risorse idriche.
- Valutazione delle risorse idriche: acque superficiali, acque sotterranee, fonti non convenzionali.
- Regionalizzazione 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.

490

IDRAULICA

Docenti: **Gianni Luigi Bragadin** prof. ord.

Antonello Rubatta prof. ord.

Unità di misura, omogeneità, teorema π . 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.

4688

IDROLOGIA (vedi 04)

IDROLOGIA II (vedi 04)

518

IMPIANTI SPECIALI IDRAULICI

Docente: **Paolo Lamberti** prof. ass. (inc.)

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. Le 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 (valvole, 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.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati

Appunti manoscritti (class notes)

F. CONTESSINI, *Dighe e traverse, Impianti idroelettrici*, Ed. Tamburini, Milano. *(E' SU UN LIBRO)*

G. EVANGELISTI, *Impianti idroelettrici*, Ed. Patron, Bologna. vol. 1 (1982): MD II 6/1

F. ARREDI, *Costruzioni idrauliche*, Ed. UTET, Roma.

" (1964): MD II 7/1

vol. 2 (1984): MD II 6/2

" (1951): MD II 7/2

MD II 8/2

vol. 1 (1969) MD II 4/1, vol. 2 (1972) MD II 4/2

Tesi di laurea

vol. 2.2 (1977) MD II 4/3, MD II 4/4

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.

11708

IMPIANTI TECNICI

Docente: **Alessandro Cocchi** prof. ord. (inc.)

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: radia-

tori, 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 e di ventilazione. Materiali.

D) *Impianti di distribuzione del gas*

Normativa di sicurezza UNI-CIG. Sistemi di approvvigionamento e di accumulo gas e GPL. Schemi di distribuzione. Dimensionamento delle tubazioni.

E) *Impianti e sistemi anticendio*

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:

(ELEM. DI IMPIANTI TECNICI)

AMERIO, SILLITTI, *Impianti tecnici per l'edilizia*, SEI Ed., Torino. 1995 **LD I 34**

Manuale di Progettazione Edilizia, vol. 2, *Criteri ambientali e impianti*, Hoepli Ed., Milano. 1994 **PC I 8/2**

DALL'O, PALMIZI, *Impianti di riscaldamento*, CLUP Ed., Milano. **CE SUL CATALOGO**

DALL'O, PALMIZI, *Impianti idrosanitari*, CLUP Ed., Milano. 1988 **MD II 24**

PIZZETTI, *Condizionamento dell'aria*, Hoepli Ed., Milano. **vol. 1 (1980) 2C: NA II 65/1, 64/1**
vol. 2 (1980) 2C: NA II 65/2, 64/2
vol. UNICO (1970) NA II 63

11139

INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE

Docnete: **Maurizio Mancini** ricerc.

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 dibacino 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 del 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.

8325

ISTITUZIONI DI ECONOMIA

Docente: **Alessandro Romagnoli** prof. ass.

Finalità

L'obiettivo dell'insegnamento è di presentare, dopo una panoramica relativa agli strumenti di base per l'analisi, le problematiche economiche legate alla localizzazione abitativa e industriale, nonché i principali approcci economici allo studio degli agglomerati urbani.

Programma

Parte prima: Istituzioni di economia

- a) Il sistema economico e il problema dell'equilibrio.
- b) L'economia del benessere e l'analisi costi-benefici.
- c) Teoria della domanda e rappresentazione economica del mercato.

Parte seconda: Istituzioni di economia della localizzazione

- d) Scienza economica, economia regionale ed economia urbana.
- e) Problemi e principi di economia spaziale.
- f) Economia della localizzazione.
- g) Economia di agglomerazione.

- h) Economia dell'interazione spaziale.
- i) Economia urbana (1): il principio dell'ordine della città e i modelli gerarchici.
- l) Economia urbana (2): i modelli della città come base economica.
- m) Teoria della rendita fondiaria urbana.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

Appunti delle lezioni

O'SULLIVAN, *Economia e territorio*, Il Mulino. 1984 TB II 96

R. CAMAGNI, *Economia urbana*, N.I.S. 1992 TB II 97

663

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. 1995 HB II 113

L'esame consiste in una prova orale su argomenti svolti nel corso delle lezioni.

MACCHINE IIDocente: **Giovanni Naldi** ricerc.

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 assial-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 incompressibile.

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.

Tubo 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 - 1 Sistemi e componenti termici*, 1992, Pitagora, Bologna. 3 copie coll: HB 11 106/1, HB 11 108/1, HB 11 114
- S. SANDROLINI, M. BORGHI, G. NALDI, *Turbomacchine Termiche - Turbine*, 1992, Pitagora, Bologna. 2 copie, HB 11 82, HB 11 50
- S. SANDROLINI, G. NALDI, *Macchine - 1 Fluidodinamica e termodinamica delle turbomacchine*, 1996, Pitagora, Bologna. 4 copie HB 11 120 1
- S. SANDROLINI, G. NALDI, *Macchine - 2 Le Turbomacchine motrici e operatrici*, 1997, Pitagora, Bologna.

MECCANICA COMPUTAZIONALE DELLE STRUTTURE

Docente: Agostino A. Cannarozzi prof. ord. (inc.)

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. E' 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. *è copia con. HC 11 25*

4114

MECCANICA DELLE ROCCE (vedi 11)

1379

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 ologomi.

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 ologomo.

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 Poinsot - Moto di un corpo rigido con un asse fisso.

Elementi di meccanica analitica — Principio di d'Alembert - Equazioni di Lagrange - Piccole oscillazioni nell'intorno di una posizione di equilibrio stabile.

Elementi di meccanica dei sistemi continui — Cenni di calcolo tensoriale in spazi euclidei - Tensore di deformazione - Equazione di continuità - Tetraedro e formula di Cauchy - Equazioni indefinite della meccanica dei continui - Equazioni costitutive per piccole deformazioni - Fluidi perfetti.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

Teoria:

- A. STRUMIA, *Meccanica Razionale*, Nautilus, Bologna. *Lo 2: 3 copie, BC 11 57/2, BC 11 44/11, BC 11 45/11*
 G. GRIOLI, *Lezioni di Meccanica Razionale*, Cortina, Padova. *1 copia; BC 11 2 EU, BAT 0*
 M. FABRIZIO, *La Meccanica Razionale e i suoi Metodi Matematici*, Zanichelli, Bologna.
3 copie coll: BC 11 35 T, BC 11 36, BC 11 49

Esercizi:

- A. MURACCHINI, T. RUGGERI, L. SECCIA, *Esercizi e temi d'esame di Meccanica Razionale*, Progetto Leonardo Esculapio, Bologna. *4 copie, BC 11 58 T, BC 11 42, BC 11 46/1, BC 11 47/1*
 A. MURACCHINI, T. RUGGERI, L. SECCIA, *Esercitazioni di Meccanica Razionale con Matlab e Simulink*, Progetto Leonardo Esculapio, Bologna. *300 copie coll: BC 11 37*

Appendici:

- T. RUGGERI, *Appunti di Meccanica Razionale: Richiami di Calcolo Vettoriale e Matriciale*, Pitagora, Bologna. *1 copia coll: BC 11 37*

Modalità dell'esame: scritto e orale.

Validità prove scritte: appello.

10204

MISURE E CONTROLLI IDRAULICI

Docente: Irene Daprà ricerc.

Omogeneità dimensionale. Insieme di grandezze dimensionalmente indipendenti. Teorema π .

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 controreazione. 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.

11712

MODELLISTICA IDRAULICADocente: **Vittorio Di Federico** ricerc.

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.

Propedeuticità consigliata: Idraulica.

Testi consigliati

U. PUPPINI, *Idraulica*, Zanichelli, 1947. *SULCATA 1990 118*

M. FAZIO, *Manuale delle unità di misura*, ISEDI, Milano, 1973. *SULCATA 1990 112*

A.T. TROSKOLANSKI, *Théorie et pratique des mesures hydrauliques*, Dunod 1962. *SULCATA 1990 110*

L'esame è costituito da una prova orale, integrata da disegni e calcoli estemporanei.

Tesi di Laurea di indirizzo sia teorico che applicativo.

NOZIONI GIURIDICHE FONDAMENTALIDocente: **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 Provincie. 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 servitù 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 (1986) = T O 111 5 (1986) = T O 112 8

Scopia coll: T O 111 6

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 P O 11 66

2. D'ANGELO, *Legislazione urbanistica*, Merano, Napoli, 1993; in alternativa URBANI e CIVITARESE MATTEUCCI, *Diritto urbanistico*, Giappichelli, Torino, 1994. P O 11 53

Per gli studenti di *Istituzioni di diritto pubblico e privato* T O 11 26

2A. GALLESIO PIUMA e POLLERI, *Elementi di diritto commerciale*, Giuffrè, Milano, 1996; in alternativa FIALE, *Diritto commerciale*, Simone, Napoli, 1996. T O 11 27

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). T O 11 21

Per i soli studenti dell'insegnamento annuale di *Diritto dell'assetto territoriale* T O 11 23

4. ROPPO, *Istituzioni di diritto privato*, Monduzzi, Bologna, 1994, o, in alternativa, G.U.

RESCIGNO, *Corso di diritto pubblico*, Zanichelli, Bologna, 1994. (1986) = T O 11 23

SUC BATA C 2 6 2 O I C 1 8 8 4

L'esame consisterà 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.

11170

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 delle 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.

4679

PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI

Docente: **Giannino Praitoni** prof. ass.

Finalità dell'insegnamento

In stretta integrazione con i corsi di *Tecnica ed economia dei trasporti* e di *Teoria e tecnica della circolazione* l'insegnamento si propone di offrire una trattazione unificata dei diversi aspetti teorici, di natura interdisciplinare, che caratterizzano la materia e di fornire gli elementi per l'individuazione delle possibilità applicative dei metodi quantitativi impiegabili nella pianificazione dei trasporti alle diverse scale territoriali.

Programma

Introduzione. Cenni sulla teoria dei sistemi. Il sistema territorio-trasporti. Il funzionamento del sistema domanda-offerta di trasporto. Le fasi del processo di pianificazione dei trasporti.

La domanda di trasporto. La stima della domanda di mobilità con indagini dirette. La delimitazione dell'area in studio. I problemi di disaggregazione. I metodi di campionamento. I vari tipi di indagini. I metodi di rappresentazione.

L'offerta di trasporto. Definizioni e caratteristiche dei sistemi e delle reti di trasporto. La schematizzazione di sistemi e reti. Le funzioni di costo e di prestazione. Cenni sulla teoria dei grafi.

I modelli della domanda di trasporto. Definizione, significato e classificazione dei

modelli. I modelli di derivazione economica secondo la teoria del consumatore. Funzione di domanda. Beneficio lordo e surplus del consumatore. I modelli descrittivi simultanei e sequenziali. I modelli a stadi: generazione, distribuzione, ripartizione modale, assegnazione. I modelli comportamentali. Le funzioni di utilità e le curve di indifferenza.

Metodi di valutazione degli interventi nel settore dei trasporti. Gli strumenti di pianificazione secondo la normativa italiana: piani del traffico, della mobilità, dei trasporti, di impatto ambientale. Il problema dell'equilibrio fra domanda e offerta di trasporto. Classificazione dei criteri di valutazione. Le analisi unicriteria: finanziaria ed economica. L'analisi costi-benefici. Le analisi multicriteria e multiobiettivo. Cenni sui metodi di analisi dell'impatto ambientale.

Esercitazioni. L'insegnamento è integrato dall'illustrazione di esperienze di pianificazione dei trasporti finalizzate allo sviluppo di esercitazioni riguardanti esempi applicativi semplificati, anche con l'ausilio del calcolo automatico.

Testi consigliati:

- A. ORLANDI, *Principi di ingegneria dei trasporti*, Patron, Bologna. *SUC CATACOG 118*
 A. ORLANDI, *Studio dei sistemi di trasporto*, Pitagora, Bologna. *2 copie coll: 0A1123, 0A1124*
 A. ORLANDI, *Tecnica della Circolazione*, Pitagora, Bologna. *SUC CATACOG 118*
 G.B. HUTCHINSON, *Principles of urban transportation system planning*, Mac-Graw-Hill. *SUC CATACOG 118*
 M.L. MANHEIM, *Fundamentals of transportation system analysis*, MIT Press. *SUC CATACOG 118*
 STOPHER-MEYBURG, *Transportation systems evaluation*, Lexington Books. *SUC CATACOG 118*
- Altre pubblicazioni saranno indicate dal docente.

Svolgimento degli esami: prova orale. È richiesta al candidato la presentazione e la discussione delle esercitazioni scritte svolte durante l'insegnamento.

Tesi di laurea: pianificazione dei trasporti alle diverse scale territoriali.

10422

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.

Propedeuticità: Tecnica ed Economia dei trasporti.

Esami: orali con presentazione e discussione delle varie esercitazioni scritte svolte durante l'insegnamento.

Testi consigliati

A. ORLANDI, *Meccanica dei Trasporti*, Ed. Pitagora, Bologna. 2 cop. coll.: 0A 1114, 0A 1115
 M. MATASSA, *Le caratteristiche funzionali dei veicoli da trasporto*, Ed. Patron, Bologna.
 Appunti e materiale illustrativo dello stato dell'arte dei dispositivi verranno forniti nel corso delle lezioni. 0A 1118, 0A 1111 = coll. 2 cop. etc

Tesi di laurea: studi e progetti riguardanti i diversi sistemi di trasporto.

10007

PROGETTI PER LA RISTRUTTURAZIONE E IL RISANAMENTO EDILIZIO

Docente: **Giampiero Cuppini** prof. ass.

1. Generalità

- 1.1. Inquadramento del «recupero» 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 «recupero» 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 tipologici).
- 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 «leggero». 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 d'intervento.
- 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.

11172

PROTEZIONE IDRAULICA DEL TERRITORIODocente: **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.

— Opere di difesa e sistemazione idraulica: rimboschimento; 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. 1 copia coll. E A 1143G. BENINI, *Sistemazioni idraulico-forestali*, CLEUP, Padova, 1978. 1 copia c.u. 110113

SCHWAB E ALTRI, *Elementary soil and water engineering*, Wiley, 1971. 2 copie coll: M 314
 VELZ, *Applied Stream Sanitation*, Wiley, 1970. Jul CATALOGUE 01

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.

890

SCIENZA DELLE COSTRUZIONIDocenti: **Angelo Di Tommaso** prof. ord.**Agostino A. Cannarozzi** 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. CAPURSO, *Lezioni di Scienza delle Costruzioni*, Pitagora, Bologna.

3 copie coll: CA 11 3, LA 11 31, CA 11 106

- V. FRANCIOSI, *Scienza delle Costruzioni*, Vol. I, Liguori, Napoli. *1 copia coll: LA 11 100*
 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.

*3 copie coll: LA 11 98/1, LA 11 116/1
LA 11 117/1*

2 copie coll: LA 11 122/1, LA 11 111/2

3 copie, LA 11 2, LA 11 85/1, LA 11 106

1 copia, LA 11 104/2

2144

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).

Completano l'insegnamento i primi elementi di analisi matriciale ed automatica delle strutture monodimensionali.

L'insegnamento è integrato da esercitazioni al calcolatore con particolare riferimento alla Parte terza.

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.

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) Problemi strutturali con riferimento alla 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.

6776

SISTEMI DI TRAZIONE (vedi 09)

3971

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 riflessi 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 Bažant-Panula); deformazioni viscosi (viscosità lineare: modelli CEB, ACI e Bažant-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.

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.

Testi consigliati

La bibliografia è disponibile presso la biblioteca dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni.

11718

STRUTTURE DI FONDAZIONE

Docente: **Raffaele Poluzzi** 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
- Cenni 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 fondazioni realizzate e svolti esercizi, corredati di sviluppi numerici, sui principali temi trattati.

Testi consigliati

- 1 copia CU: EA 1131
 BOWLES J.E., *Foundation analysis and design*, New York, McGraw-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. 1 copia, CU; EA 1116

EA 1137/1

CA 1137/2

EA 1124/1, EA 1125/1

EA 1125/1, EA 1124/1

9046

STRUTTURE SPECIALIDocente: **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 presollecitate 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.

11350

TECNICA DEI LAVORI IDRAULICIDocente: **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). Progetti esecutivi (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. Influenza 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 dighe in

cls. Cantieri per acquedotti (opere di presa, adduzione e distribuzione). Cantieri per fognature. Cantieri per opere marittime.

A sostegno della parte teorica dell'insegnamento vengono svolte *esercitazioni*, i cui principali argomenti riguardano il dimensionamento di reti di acquedotto e di fognatura, e lo studio dei moti filtranti in opere di ritenuta in materiale sciolto.

Gli studenti sono guidati ad affrontare i problemi suddetti con l'ausilio di adeguati programmi di calcolo (di cui ritengono copia), operando individualmente su Personal Computers messi a disposizione presso il Centro di Calcolo della Facoltà.

11719

TECNICA DEI LAVORI STRADALI, FERROVIARI ED AEROPORTUALI

Docente: **Alberto Bucchi** prof. ord. (inc.)

- Organizzazione del cantiere. Pianificazione e programmazione. Pert. Gantt.
- Preparazione degli inerti. Frantumazione. Vagliatura. Lavaggio.
- Produzione e posa dei calcestruzzi cementizi.
- Produzione e posa dei conglomerati bituminosi.
- Costruzione della via. Tracciamento.
- Scavi delle terre.
- Macchine per trasporto, spandimento, livellamento, costipamento.
- Costruzione delle trincee e dei rilevati: problematiche e materiali.
- Manutenzione stradale. Fasi ed obiettivi. Degradi. Rilevamenti dati. Rigenerazione dell'aderenza. Rappezzi. Trattamenti superficiali. Tappeti. Fresatura e riciclaggio. Rafforzamenti profondi. Pavimentazioni rigide.
- Tecnica dei lavori ferroviari. Assodamento. Rincalzatura. Risanamento della massicciata. Livellazione e allineamento.
- Costruzione delle gallerie. Cantiere. Ventilazione. Macchine.
- Analisi economica dei progetti stradali. Analisi costi/benefici.
- Impatto ambientale. Analisi multicriteri. Normativa.
- Atti amministrativi. Contratti. Direzione lavori. Documenti. Revisione prezzi. Collaudo.
- Certificazione della qualità.

Testi consigliati:

- G. TESORIERE, *Strade, ferrovie, aeroporti*, voll. 2-3, UTET, Torino. 65 u 1613
65 11 1213
 P. FERRARI, F. GIANNINI, *Ingegneria stradale. Geometrie e progetto di strade*, ISEDI, Torino.
 G. DA RIOS, *Intersezioni stradali*, CLUP, Milano. 1 copia coll. OA 11 26
 F.M. LA CAMERA, *Il calcolo del progetto stradale*, Masson, Milano. 1 copia coll. 65 11 13

Propedeuticità: Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti.

7433

TECNICA DEL CONTROLLO AMBIENTALE (vedi 18)

1026

TECNICA DELLE COSTRUZIONIDocente: **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: Fondamenti del progetto delle strutture - Sistemi di travi - Strutture di fondazione - La precompressione delle strutture - Lastre piane - Lastre curve di rivoluzione. Le *esercitazioni* riguardano le applicazioni pratiche relative a ricorrenti tipi di strutture, con estesa illustrazione delle norme per le costruzioni di calcestruzzo armato, di acciaio e 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.

Propedeuticità consigliate: Scienza delle costruzioni.

Testi consigliati:

Dispese redatte dai Docenti dell'Istituto.

- O. BELLUZZI, *Scienza delle costruzioni*, ed. Zanichelli, Bologna; vol. II (Struttura a molte iperstatiche, Travi nello spazio, Cemento armato, Collegamenti); vol. III (Lastre piane, Lastre curve di rivoluzione). LA 1112/2, LA 1114/2
- 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). LO 1127/1
- 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 I (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. Copia c.4; LC 112

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.

Tesi di laurea:

Progetti di strutture - Coordinamento con tutti gli Istituti interessati a problemi strutturali.

3480

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 simetria 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 a 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 ala 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. Problema 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.

1031

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. *sul catalogo 28*
 A. ORLANDI, *Meccanica dei trasporti*, Ed. Pitagora, Bologna. *copie: 0A 11 14, 0A 11 15*
 M. MATASSA, *Le caratteristiche funzionali degli autoveicoli da trasporto*, Pàtron, Bologna. *0A 11 8, 0A 11 11*
 A. ORLANDI, *Studio dei sistemi di trasporto*, Ed. Pitagora, Bologna. *SUL CATALOGO 28*
 Altre pubblicazioni saranno indicate dal docente.

Svolgimento degli esami: Prova orale — È richiesta al candidato la presentazione e la discussione 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.

1034

TECNICA URBANISTICA I

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 configurato la disciplina dell'urbanistica moderna, con un riferimento particolare all'uso dello zoning, diffusi 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 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. *Sul 1973206008*
 BENEVOLO L., *Storia dell'architettura moderna*, Laterza, Bari 1971 (Capp. III-XI-XV e
 Conclusioni). *2011A 1536 = PA 11 106* *2011A 1585 = PA 11 4*

- 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. P. 1154
- MORBELLI G., *Un'introduzione all'urbanistica*, F. Angeli, Milano 1986 (Capp. 1-2-7). P. 1132
- RONZANI G., *L'insediamento urbano - i costi e gli oneri*, Maggioli, Rimini 1984.
- RONZANI G., *Valutazione ambientale e piani urbanistici*, CLUEB, Bologna 1992.

9235

TECNICA URBANISTICA IIDocente: **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 programmatica 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.

1043

TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA

Docente: **Virna Bonora** ricerc.

L'insegnamento propone di fornire agli ingegneri civili uno strumento razionale per la valutazione delle proprietà dei vari materiali impiegati nelle costruzioni, nonché per la previsione delle condizioni di degradazione negli ambienti di servizio.

I materiali per l'Ingegneria civile: materiali strutturali e materiali complementari.

Proprietà fisico-meccaniche dei materiali: processi di deformazione elastica e plastica, processi di frattura, proprietà termiche ed elettriche. Metodi di prova e normativa.

Materiali metallici. Leghe Fe-C: ghise ed acciai. Trattamenti termici. Acciai da costruzione e speciali. Saldabilità. Leghe non ferrose per le costruzioni. Impieghi e normativa.

Leganti per edilizia: gesso, calci, cementi. Malte ordinarie e speciali. Calcestruzzi e conglomerati cementizi. Il calcestruzzo preconfezionato: tecnologia, proprietà e criteri di posa in opera. Additivi per calcestruzzi. Il calcestruzzo a resistenza. Normativa sui cementi, sugli aggregati e sui calcestruzzi. Conglomerati speciali.

Materiali ceramici e vetri per l'ingegneria civile. Caratteristiche, prestazioni e normativa.

Materie plastiche, resine e materiali compositi impiegati nell'edilizia (impermeabilizzazione, isolamento termico ed acustico, sigillanti, adesivi, etc.). Vernici. Caratteristiche e normativa. Cenni al legno e materiali derivati impiegati in edilizia.

Acque, suolo ed ambiente. Degradazione e corrosione dei materiali da costruzione in servizio. Cenni ai problemi di protezione e restauro. Compatibilità fisica e chimica tra i materiali. Cenni alla sicurezza nell'impiego dei materiali ed alla resistenza al fuoco. Cenni ai problemi del riciclo dei materiali da costruzione.

Esercitazioni: i diagrammi di stato come strumento di lavoro nelle tecnologie dei materiali da costruzione; applicazioni numeriche in aula; prove sperimentali sui materiali in laboratorio.

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.

Testi consigliati:

G. RINALDI, *Materiali e Chimica applicata*, Siderea, Roma, 1985-86. **RF 11 62 2**
 Per approfondimenti sul calcestruzzo:

V. ALUNNO ROSSETTI, *Il Calcestruzzo. Materiali e tecnologie*, MacGraw-Hill Libri Italia s.r.l., Milano, 1995.

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, iperstatiche, 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 ortotropo. 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. **VEDI PAG 203**
 P. POZZATI, *Teoria e tecnica delle strutture*, vol. I, Ed. UTET.

vedi solo il vol. II

M.P. PETRANGELI, *Costruzione di ponti*, Ed. ESA. (1978) L. D. 11 28

F. LEONHARDT, *C.a. e C.a.p.*, vol. VI - I ponti, Ed. Tecniche. 5.ª ed. catalogo 1978

C. CESTELLI GUIDI, *Cemento armato precompresso*, Ed. Hoepli.

(1960) L. D. 11 20 T, L. D. 11 83 T (1970) L. D. 11 21

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

- Richiami delle questioni fondamentali.
- Integrazioni concernenti il calcolo delle strutture metalliche.
- Criteri di controvenamento.

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. MALTILDI, 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.

L D n 30/11
L D n 30/11

11177

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 e 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

Le relazioni fra domanda e offerta e stato circolatorio. 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.

Elementi di pianificazione. La metodologia e la procedura di pianificazione dei trasporti: modelli e tecniche simulative di valutazione dello stato di mobilità.

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 1965 e 1985.

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; studio e regolazione degli elementi nodali nelle condizioni di flusso interrotto.

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 controllo e regolazione del traffico in linea e nei nodi, secondo la tipologia del volo. Il sistema informatico di rilevazione e gestione del traffico.

Elementi di statistica e di ricerca operativa. Richiami su alcuni concetti di calcolo delle probabilità e di analisi statistica. Applicazioni della teoria delle file di attesa e della programmazione lineare ai problemi della circolazione.

Esercitazioni. L'insegnamento è integrato dallo svolgimento di esercitazioni riguardanti esempi applicativi semplificati delle problematiche della circolazione, anche con l'ausilio del calcolo automatico.

Testi consigliati:

- A. ORLANDI, *Tecnica della Circolazione*, Pitagora, Bologna.
- A. ORLANDI, *Principi di ingegneria dei trasporti*, Patron, Bologna.
- A. ORLANDI, *Studio dei sistemi di trasporto*, Pitagora, Bologna. //
- A. ORLANDI, *Elementi di teoria delle file di attesa con applicazione ai trasporti*, Pitagora, Bologna. 2 copie coll: 03 11 1, 03 11 7
- C. BUCHANAN, *Il traffico urbano*, Patron, Bologna.
- P. FERRARI, *L'assegnazione del traffico delle reti di trasporto Manuale di Ingegneria Civile*, vol. 4, ESAC-Zanichelli.

G.B. HUTCHINSON, *Principles of urban transportation system planning*, McGraw-Hill, New York.

G. VICUNA, *Organizzazione e tecnica ferroviaria*, CIFI, Roma. ● A 11 21

R. TREBBI, *L'IFR per i piloti dell'aviazione civile*, DOMUS, Milano.

Manuali:

Highway Capacity Manual (HCM) ed. 1965 e 1985.

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.

11178

TERMINALI ED IMPIANTI DI TRASPORTO

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) *Isistemi 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 del trasporto.

Propedeuticità: Tecnica ed economia dei trasporti.

Testi consigliati:

M. MATASSA, *Le caratteristiche funzionali degli autoveicoli da trasporto*, Pàtron, Bologna. *Ve di p. 2*

M. MATASSA, *Il progetto di massima delle autostazioni passeggeri*, Pàtron, Bologna.

A. ORLANDI, *Teoria delle file d'attesa*, Pàtron, Bologna. 03 111, 03 117

MAYER, *Impianti ferroviari: tecnica ed esercizio*, CIFI.

VICUNA, *Organizzazione e tecnica ferroviaria*, CIFI 0A 1121

Publicazioni indicate dal docente.

Esami orali: è richiesta al candidato l'esposizione e la discussione di tutti i temi esposti durante lo svolgimento dell'insegnamento.

Tesi di laurea: studio di fattibilità e progettazione di massima di impianti di trasporto e di terminali.

1061

TOPOGRAFIA

Docenti: **Vladimiro Achilli** prof. ass.

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 del-

le 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 modulate - 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*, Patron ed. 2 copie coll.: EC 11 15, EC 11 16

G. INGHILLERI, *Topografia Generale*, UTET. EC 11 12, EC 11 13, EC 11 14

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.

11180

TOPOGRAFIA II

Docente: **Marco Unguendoli** prof. ord.

Parte I

Richiami ed approfondimenti della teoria degli errori e della compensazione delle misure. Analisi delle misure ed interpretazione statistica dei risultati. Metodi di progettazione ed ottimizzazione delle reti di controllo.

Automazione dei rilievi e restituzione automatica con particolare riguardo al rilievo di dettaglio ed ai rilievi altimetrici. Tracciamento automatico delle curve di livello.

Strumenti e metodi moderni per il rilievo topografico di precisione per applicazioni a problemi non cartografici: strumenti integrati, livello elettronico, livelli idrostatici, livello

zenitale, collimatori, autocollimatori, clinometri, tiltmetri, estensimetri, accelerometri...
 Applicazione dei metodi e degli strumenti topografici per la soluzione di problemi in ingegneria:

- tracciamento di opere di Ingegneria civile con particolare riguardo ai grandi manufatti ed alle opere realizzate con tecniche di prefabbricazione;
- progetto di reti di controllo per i movimenti del suolo e di grandi opere di Ingegneria civile;
- misura di piccoli spostamenti verticali ed orizzontali e di rotazioni per il collaudo ed il controllo di manufatti con strumentazioni speciali;
- montaggio e controllo di grandi macchine operatrici e loro interazione con la struttura;
- misure per la rispondenza geometrica tra progetto ed opera realizzata (verticalità, planarità, volumetria...).

Parte II

Richiami di Geodesia con particolare riguardo ai sistemi di riferimento ed alla separazione fra geoidi ed ellissoide.

Impiego delle tecniche spaziali con particolare riguardo al G.P.S. Applicazione del G.P.S. al rilievo topo-cartografico ed alle reti di controllo: misure calcoli e compensazione.

Problemi riguardanti l'inserimento di reti G.P.S. in rilievi preesistenti e del trattamento di misure satellitari e terrestri.

Cenni sull'uso del G.P.S. nella navigazione aerea, marittima e terrestre. Fotogrammetria dei vicini: applicazione della fotogrammetria al rilievo architettonico ed al controllo delle strutture e degli elementi costruttivi. Uso di camere metriche semi-metriche ed amatoriali.

Cenni di cartografia numerica e sull'aggiornamento cartografico.

Cenni sulla cartografia tematica.

La cartografia numerica a grande scala come base per i sistemi informativi, geografici e territoriali.

Tecniche di formazione e gestione dei sistemi formativi geografici (GIS):

- acquisizione dei dati (digitalizzazione e scansione di cartografia esistente, rilievi ex novo classici o satellitari, telerilevamento...) ed integrazione dei dati di diversa origine;
- modello dei dati (Raster e vettoriali);
- rappresentazione concettuale del territorio;
- tecniche per l'analisi spaziale del GIS;
- esempi di GIS.

(04) CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA EDILE

7434

ACUSTICA APPLICATADocente: **Massimo Garai** ricerc. (inc.)

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, 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. Sala 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 — 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. Effetto di risonanza. 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.

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. 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. Apparati meccanici. Rumore generato dai fluidi in movimento. Tecniche di controllo del rumore. Leggi e norme tecniche.

Rumore in ambiente di lavoro — Leggi e norme tecniche. Valutazione dell'esposizione personale. Controllo del rumore alla sorgente. Controllo passivo del rumore. Cenni al controllo attivo del rumore. Protettori individuali.

Rumore in ambiente esterno — Leggi e norme tecniche. Divergenza geometrica. Attenuazione dovuta all'atmosfera. Effetto del vento. Effetto dei gradienti di temperatura. «Effetto suolo». Vegetazione. Ostacoli alla propagazione sonora. Progettazione di barriere acustiche. Valutazione di impatto ambientale. Rumore da impianti industriali. Rumore da traffico stradale, ferroviario, aereo.

4) Procedure di misura

Acquisizione ed elaborazione 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.

Introduzione all'utilizzo di modelli acustici in scala per l'assistenza alla progettazione di grandi sale.

Utilizzo di modelli numerici per la simulazione dell'acustica degli ambienti chiusi su personal computer. Esempi tratti da casi reali.

Utilizzo di modelli numerici per la previsione dell'impatto acustico ambientale del traffico stradale.

Testi consigliati

- ND 1121
ND 1119
ND 1120
 A. COCCHI (a cura di), *Inquinamento da rumore*, 2^a ed., Maggioli Editore, Rimini (1990).
 L.E. KINSLER, A.R. FREY, A.B. COPPENS, J.V. SANDERS, *Fundamental 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).

Verranno inoltre resi disponibili per la riproduzione i lucidi proiettati in aula.

Esami orali.

Tesi di laurea

A carattere teorico, a carattere sperimentale, a carattere numerico.

1349

ANALISI MATEMATICA I (vedi 02)*Esame:* scritto e orale.

1353

ANALISI MATEMATICA II (vedi 02)*Esame:* scritto e orale.

50

ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA IDocente: **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 un tecnico 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 nella sua 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 della città*, Club Milano. *sol cad. jo 1/2*
 A. LOOS, *Parole nel vuoto*, Adelphi Milano. *PA 11 94*
 L. QUARONI, *Progettare un edificio*, Gangemi Milano. *PA 11 71*
 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.

3870

ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA IIDocente: **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.

51

ARCHITETTURA TECNICA IDocente: **M. Biolcati Rinaldi**

Disciplina di base, a carattere tecnico-operativo, finalizzata all'acquisizione della conoscenza critico-analitica dei procedimenti costruttivi — e delle relative metodiche di progettazione — in rapporto alle loro tipologie, alle regole aggregative, alle tecnologie, all'evoluzione storica delle tecniche, anche con riferimento all'organizzazione del processo edile e all'inserimento del contesto costruito.

La disciplina tende ad individuare il comportamento d'insieme e il funzionamento delle diverse componenti tecnologiche nel quadro di una sintesi progettuale, rispondente alle condizioni di uno sviluppo sostenibile del contesto ambientale.

I temi inerenti la progettazione sviluppano una metodologia di approccio orientata allo studio delle relazioni tra architettura, tecnologia costruttiva e produzione, ponendo una particolare attenzione alle strumentazioni operative per il controllo della trasformazione del contesto costruito e produttivo.

Esercitazioni

Le esercitazioni forniscono elementi per un'analisi critica degli organismi edilizi e dei sistemi costruttivi, in specifici contesti costruiti, al fine dell'elaborazione progettuale.

L'elaborazione progettuale si articola, in relazione ai differenti indirizzi di studio, nell'individuazione degli strumenti operativi di supporto progettuale e normativo alle diverse scale (repertori delle soluzioni tipologico-costruttive degli elementi di fabbrica e degli elementi tecnici, e nella progettazione a scala architettonico-costruttiva (su organismi esistenti o di nuova realizzazione), con specifico approfondimento della componente tecnologica appropriata al contesto costruito di riferimento e secondo criteri bio-eco-compatibili.

Le attività previste si esplicano nell'ambito di progettazione a livello seminariale.

PA 1 2/1, PA 1 1/1 = coll. 200 pic

Riferimenti bibliografici

E. MANDOLESI, *Edilizia*, UTET, Torino, 1978.

A. PETRIGNANI, *Tecnologie dell'architettura*, Ed. Görlich, Milano, 1981.

P.L. SPADOLINI (a cura di), *Design e tecnologia*, Ed. L. Parma, Bologna, 1981. PB 1 1, PB 1 2/1

M. ZAFFAGNINI (a cura di), *Progettare nel processo edilizio*, Ed. L. Parma, Bologna, 1981.

F. NUTI, *Tipologie industrializzate e tipi edilizi per la residenza*, Ed. CLUEB, Bologna, 1984.

G. CUPPINI (a cura di), *Riferimenti normativi per la progettazione ambientale*, Ed. CLUEB, Bologna, 1985. 1 copia coll: PD 11 5

P. SELVA (a cura di), *Architettura nei contesti minori, Tipologia, Tecnologia, Linguaggio*, CUEC Ed., Cagliari, 1991.

I. TAGLIAVENTI, *L'organismo architettonico*, Ed. CLUEB, Bologna, 1988. PA 11 70, PA 11 87

P. MARETTO, *Realtà naturale e realtà costruita*, UNIEDIT, Firenze, 1984.

51

ARCHITETTURA TECNICA II

Docente: Fabio Selva prof. ord.

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

- G. CANIGGIA, G.L. MAFFEI, *Composizione architettonica e tipologia edilizia*, Vol. I e II, Marsilio Ed., Venezia, 1987. PA 11 1051
- P. MARETTO, *Realtà naturale e realtà costruita*, UNEDIT, Firenze, 1984. PA 11 1052
- R. BOLLATI, S. BOLLATI, G. LONETTI, *L'organismo architettonico*, Alinea, 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. Pβ 11
PC 11 14

10006

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 i 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.

Procedo 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*, Alinea, Firenze, 1980.
- P. MARETTO, *Realtà naturale e realtà costruita*, Uniedit, Firenze, 1984.
- G. CANIGLIA, 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. 1 copia coll. PA 11 103
- 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. PB 1 29 PB 130
- L. QUARONI, *Progettare un edificio. Otto lezioni di architettura*, Mazzotta ed., Milano, 1977. coll.: PA 11 71

1359

CHIMICADocente: **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 ionico, potenziale di ionizzazione ed affinità elettronica - Valenza ionica - struttura e proprietà dei composti ionici - Il legame covalente semplice e multiplo, orbitali molecolari nelle molecole biatomiche - La molecola, il peso molecolare, la mole, il grammo-atomo - Molecole biatomiche eteronucleari, il legame polarizzato - 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 frazionata, azeotropi.

Lo stato solido

Solidi amorfi e solidi cristallini: cristalli ionici, 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 ad 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 eutettica 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:**1 copia coll: RA 1170**1 copia coll: RA 1155*G. MILANI, *Lezioni di Chimica a studenti di ingegneria*, ed. Esculapio.P. CHIORBOLI, *Fondamenti di chimica*, ed. UTET, Torino.P. MANARESÌ, E. MARIANUCCI, *Problemi di Chimica per ingegneria*, ed. Esculapio.*Esame: orale.*

12660

COMPOSIZIONE E PROGETTAZIONE URBANADocente: **Celestino Porrino** prof. ass.

1362

DISEGNO (vedi 02)*Esame: scritto e orale.*

3656

DISEGNO II (vedi 02)*Esame: scritto e orale.***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 utilizzabili per la soluzione di problemi generali e particolari di pianificazione territoriale.

Riferimenti bibliografici:

- W. ALONSO, J. FRIEDMANN (eds.), *Regional Policy. Readings in Theory and Applications*, The MIT Press, Cambridge, 1975.
- P. BAUROCH, *Cities and Economic Development*, Mansell Pbs. Ltd., London, 1988.
- R. CAMAGNI, *Principi di economia urbana e territoriale*, La Nuova Italia Scientifica, Roma, 1992. *sul calcolo etc*
- 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.

2429

ESTIMO (vedi 02)

Esame: scritto e orale.

1366

FISICA GENERALE IDocente: **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 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 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 I*, Editrice Pitagora.

M. BRUNO, M. D'AGOSTINO, M.L. FIANDRI, *Esercizi di Fisica I*, Editrice Clueb Bologna.

Esercitazioni: costituiscono parte integrante del corso.

Esame: una prova scritta più una prova orale.

Propedeuticità consigliate: Analisi matematica I, Geometria e algebra.

1370

FISICA GENERALE II (vedi 02)

Esame: scritto e orale.

430

FISICA TECNICA

Docente: **Alessandro Cocchi** prof. ord.

L'insegnamento vuole fornire le conoscenze propedeutiche necessarie alle successive applicazioni della termodinamica, della fluidodinamica, dello scambio termico.

Sistemi di unità di misura, grandezze fondamentali e fattori di conversione.

Termodinamica applicata: generalità, sistemi aperti e chiusi, I e II principio della termodinamica e loro significato ingegneristico. Sistemi chimicamente omogenei, vapori saturi e surriscaldati, gas perfetti, gas reali. Sistemi a più componenti non reagenti, in fase gassosa: miscele di gas perfetti, miscele d'aria e vapor d'acqua. Diagrammi termodinamici. Teoria elementare delle motrici termiche e delle macchine frigorifere.

Fluidodinamica: principi generali, moto dei fluidi in condotti, perdite di carico.

Trasmissione del calore e termocinetica: equazioni differenziali e integrali del trasporto di quantità di moto e di calore. Conduzione, convezione, irraggiamento. Contemporanea presenza delle diverse modalità di scambio termico. Applicazioni. Cenni sulla legislazione per il contenimento dei consumi energetici in edilizia e sull'utilizzazione di fonti di energia rinnovabili, in particolare solare. Problemi di termoigrometria applicata all'edilizia.

Elementi di acustica tecnica.

Testi consigliati:

- A. COCCHI, *Termofisica per Ingegneri*, Ed. Petroni, Bologna, 1974.
- A. GIULIANINI, *Fondamenti di Fisica Tecnica*, vol. I e II, ed. Patron, Bologna, 1976.
- A. GIULIANINI, A. COCCHI, *Elementi di Acustica Applicata*, ed. Petroni, Bologna, 1973.
- A. GIULIANINI, *Esercizi di Fisica Tecnica*, vol. I, ed. Patron, Bologna, 1976.
- AA.VV., *Esercizi di Fisica Tecnica*, n. 1-11, ed. Petroni, Bologna, 1975- 1982.

Esami orali, su temi distinti, relativi al programma in corso. I temi possono essere di carattere sia strettamente teorico che applicativo.

Tesi di laurea fundamentalmente indirizzate su problemi di ricerca interessanti risparmi energetici, utilizzazione «attiva e passiva» dell'energia solare, problematiche fisico-tecniche nell'edilizia e negli impianti tecnologici. Si assegnano anche Tesi di Laurea applicative interdisciplinari con i corsi di Architettura Tecnica, Architettura e Composizione architettonica e Impianti tecnici civili.

9730

FONDAMENTI DI INFORMATICA (vedi 02)

9757

GEOMETRIA E ALGEBRADocente: **Giuliano Parigi** prof. ass.*Esame*: scritto e orale.

2007

GEOTECNICA (vedi 02)

490

IDRAULICA (vedi 02)

4688

IDROLOGIADocente: **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 da piogge in atto: metodo dell'idrogramma unitario. Elaborazioni degli itogrammi 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*.

Publicazioni 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.

11167

IDROLOGIA II

Docente: **Stefano Pilati** prof. ass. ord.

L'insegnamento costituisce una introduzione alla modellistica matematica del deflusso delle acque sotterranee nel campo saturo e insaturo, e dei principali fenomeni ad esso connessi, nell'ottica delle 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 pressioni effettive; la capacità specifica di accumulo; l'equazione fondamentale 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 fondamentali di continuità per i vari tipi di acquifero; condizioni iniziali e al contorno. Esempi di soluzione analitica. La sovrapposizione degli effetti. Le mappe idrologiche, la funzione di corrente e i reticoli di flusso.

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.

Idraulica dei pozzi: soluzione quasi stazionaria per acquifero omogeneo isotropo, confinato e freatico senza ricarica, condizioni al contorno di simmetria radiale. Soluzione non stazionaria di Theis.

Introduzione ai modelli numerici di simulazione: cenni sui metodi delle differenze finite e degli elementi finiti; modelli a celle; schemi espliciti, impliciti e centrati.

Testi consigliati:

J. BEAR, A. VERRULT, *Modeling groundwater flow and pollution*, Reidel Publishing Company, 1987.

J. BEAR, *Hydraulics of groundwater*, McGraw-Hill, 1979.

Insegnamenti propedeutici consigliati: Idraulica, Idrologia.

11708

IMPIANTI TECNICI (vedi 02)

9043

INGEGNERIA DEL TERRITORIO

Docente: **Giovanni Salizzoni** ricerc.

Introduzione

Gli enormi cambiamenti intervenuti nella progettazione, esecuzione e gestione delle opere di ingegneria hanno reso sempre più inadeguata una certa figura di ingegnere o architetto, ereditata dal secolo scorso, ma fino a poco tempo fa ancora presente a livello di indirizzi di studio. Si trattava di un tecnico con una formazione di base prevalentemente

strutturistica o, rispettivamente storico/compositiva, indirizzata alla progettazione di nuove opere, e portato a concepire il progetto come attività autonoma e in se stessa compiuta.

La crisi di questo modello ha portato sinora a differenziare la professione in uno spettro sempre più ampio di specializzazioni.

Oggi, proprio l'accresciuta complessità dei problemi richiede delle figure professionali capaci di ricondurre ad una sintesi lo studio delle diverse attività umane che si svolgono sul territorio, e che spesso rischiano (specie nel nostro paese) di trasformarsi in variabili 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.

PIANIFICAZIONE E GESTIONE DELLE AREE METROPOLITANEDocente: **Piero Secondini** prof. ass.

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 «area metropolitana» a livello internazionale e nazionale come categoria interpretativa 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 e dissettore.

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.

11353

PROGETTAZIONE PER L'EDILIZIA INDUSTRIALIZZATA

Docente: **Franco Zerbini** ricerc.

L'insegnamento ha per oggetto la progettazione del sistema edilizio nell'ambito delle relazioni tra *sistema ambientale* e *sistema tecnologico* e lo studio dei rapporti tra le diverse dimensioni dell'*organismo architettonico* e la *componente tecnica* collocate nella prospettiva di razionalizzazione del processo edilizio.

L'insegnamento si propone di analizzare le problematiche connesse con la razionalizzazione delle diverse fasi del processo edilizio, concepito in termini sistematici, e con l'applicazione dei criteri e metodi, che sono alla base dei processi industriali, nella progettazione, esecuzione, gestione e manutenzione del sistema edilizio.

I temi trattati riguardano quindi i diversi rapporti intercorrenti tra *produzione, tecnologia e tipologia*, con particolare riferimento alle strumentazioni concettuali e operative che intervengono nelle diverse componenti di trasformazione del contesto costruito.

1. Contesto produttivo e costruito

Analisi storica del settore delle costruzioni. Fattori della produzione e struttura delle imprese. Tecnologia dell'innovazione, della conservazione e della modificazione.

2. Organizzazione dell'attività edilizia

Struttura del processo edilizio, razionalizzazione del processo edilizio nel contesto ambientale. Fasi sistematiche del processo edilizio, operatori e modelli organizzativi.

Il processo industriale: teoria generale e definizioni di base. Analisi storica del settore dell'industrializzazione edilizia.

Strumentazioni operative in relazione alle strategie della produzione.

3. Criteri di metodo applicati alla progettazione tecnologica del sistema edilizio e degli elementi funzionali

Metodologia della progettazione globale: indirizzi di base, elementi progettuali, sistematica dell'azione progettuale.

Industrializzazione e prefabbricazione. Prototipi, modelli, disegni di fabbricazione, disegni d'uso.

Fasi sistematiche della progettazione ambientale e tecnologica. Sistema dei requisiti. Criteri e metodi di scomposizione del sistema tecnologico. Analisi di fattibilità (economica, tecnologica e funzionale) del sistema edilizio.

4. Rapporti tra tipologia edilizia e procedimento costruttivo

Criteri di classificazione e di ordinamento tipologico nello studio dei materiali, degli elementi e dei sistemi costruttivi.

Criteri per la progettazione del sistema edilizio industrializzato: a livello spaziale, a livello tecnologico.

Criteri di scelta dei materiali e del tipo costruttivo. Il piano di costruzione. Analisi ed esemplificazioni di procedimenti costruttivi e di componenti industrializzati.

5. Strumenti normativi per la progettazione del sistema edilizio

I supporti normativi nella progettazione degli elementi della costruzione, normativa di qualità, dimensionale, tipologica.

La normativa tecnica, aspetti applicativi della normativa di qualità (oggettuale e prestazionale), della normativa dimensionale con riferimento alla progettazione dei componenti e della normativa tipologica.

Esercitazioni

Le esercitazioni costituiscono una fase applicativa di progettazione del sistema edilizio e degli elementi funzionali-costruttivi che lo compongono.

Le esercitazioni vertono su una lettura critica di un organismo architettonico su cui si sviluppa una simulazione progettuale su elementi funzionali del sistema tecnologico. Questa fase è finalizzata alla progettazione esecutiva e si esplica in un ambito di progettazione a livello seminariale.

Testi consigliati

AA.VV., *Struttura delle imprese e tecnologia in edilizia*, Marsilio Editore, Venezia, 1982.

I. CICCIONI, *Quarto ciclo edilizio*, BE-MA, Milano 1980.

AA.VV., *Prospettive di industrializzazione edilizia*, Franco Angeli Editore, Milano, 1978..

E. MANDOLESI, *Edilizia*, UTET, Torino, 1978.

AA.VV. (a cura di P. SPADOLINI), *Design e tecnologia*, Edizioni Luigi Parma, Bologna, 1974.

G. NARDI, *Progettazione architettonica per sistemi e componenti*, Franco Angeli Editore, Milano, 1976.

M. ZAFFAGNINI, *Progettare nel processo edilizio*, Ed. L. Parma, Bologna, 1981.

F. NUTI, *Tecnologie industrializzate e tipi edilizi per la residenza*, Edizione CLUEB, Bologna, 1984.

P.N. MAGGI, L. MORRA, *Coordinazione modulare*, F. Angeli Ed., Milano, 1975.

AA.VV., *Riferimenti normativi per la progettazione ambientale*, Edizione CLUEB, Bologna, 1985.

110007

PROGETTI PER LA RISTRUTTURAZIONE E IL RISANAMENTO EDILIZIO (vedi 02)

890

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (vedi 02)

2736

STORIA DELL'ARCHITETTURADocente: **Giuliano Gresleri** prof. ass.

Cenni su:

— *il mondo antico*: patrimonio tecnologico, organizzazione territoriale, modo di produzione; elaborazioni architettoniche ed esperimenti urbanistici nell'antichità classica.

— *Medio Evo ed Età moderna*: tradizioni tecnologiche, culturali e civili. Organizzazione del territorio, della società, della produzione. Tecniche di insediamento e diritto urbano.

Ruolo e funzione dell'architettura. Suoi mezzi e suoi strumenti. Sua ideologia dello spazio costruito. Evoluzione delle tecniche e dei campi di applicazione della pratica costruttiva.

a) Il quadro storico di fondo

Avvento dell'età industriale. Trasformazione del patrimonio tecnico-tecnologico. Trasformazione dell'organizzazione dello spazio territoriale e dei sistemi urbani. Trasformazione dei sistemi di potere e dell'organizzazione sociale. Evoluzione degli insediamenti umani.

Trasformazione delle categorie di spazio, territorio, città, comunità, società. Commitenza e progettisti: reciproco rapporto. Tecniche e tematiche di progetto. Organizzazione della produzione edilizia. Organizzazione delle discipline giuridiche relative all'edilizia e all'organizzazione territoriale.

Il significato dell'architettura e dell'urbanistica nella cultura contemporanea.

b) L'operatività

Premesse e origini del Movimento Moderno. Le occasioni di realizzazione: in campo edilizio e in campo urbanistico. Dibattito teorico: connessioni con le discipline attinenti alla società, al sistema delle risorse, ai diritti civili. Gli esperimenti realizzati. Gli esperimenti progettati. L'invenzione delle tipologie. L'eredità tecnologica, progettuale e normativa derivata dall'esperienza del Movimento Moderno.

c) Cronaca del presente

Evoluzione delle esperienze di organizzazione del territorio e di realizzazione edilizia dal secondo dopoguerra ad oggi.

12373

STORIA DELL'ARCHITETTURA IIDocente: **Giuliano Gresleri** prof. ass.

1026

TECNICA DELLE COSTRUZIONIDocente: **Raffaele Poluzzi** prof. ass.

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 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.

Propedeuticità consigliate: Scienza delle costruzioni.

Testi consigliati:

Dispese redatte dai Docenti dell'Istituto.

- O. BELLUZZI, *Scienza delle costruzioni*, ed. Zanichelli, Bologna; vol. II (Struttura 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); 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.

Tesi di laurea:

Progetti di strutture - Coordinamento con tutti gli Istituti interessati a problemi strutturali.

1034

TECNICA URBANISTICA IDocenti: **Guido Ronzani** prof. ass.**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 dall'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.

FALE A., *Diritto urbanistico*, 5^a 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 ruolo delle tecnologie dell'informazione*, Ed. Dati & Fatti, 1989.

9235

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.

7950

TECNICHE DI ANALISI URBANA E TERRITORIALE

Docente: **Piero Secondini** prof. ass.

L'insegnamento affronta il tema generale della «conoscenza del territorio», 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 «territoriali ed ambientali» 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 «dimensione ambientale» 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 «sostenibili» 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.

TEORIE E TECNICHE DELLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

Docente: Luisella Gelsomino prof. ass.

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 «deboli»
 - 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. *«Ingredienti» 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.

1061

TOPOGRAFIA

Docente: **Alberto Gubellini** prof. ass.

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 azimutali 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, 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*, Patron 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.

(05) 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 systems*, J. Wiley & Sons.

1352

ANALISI MATEMATICA I (vedi informaz.)*Esame:* scritto e orale.

1356

ANALISI MATEMATICA II (vedi informaz.)*Esame:* scritto e orale.

10411

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: comparatori, 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.

Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica I e II, Macchine elettriche, Elettronica applicata.

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.

10382

AZIONAMENTI ELETTRICI

Docente: **Francesco Profumo** prof. straord.

Finalità dell'insegnamento

L'insegnamento affronta le problematiche inerenti la costruzione e l'esercizio delle macchine e delle apparecchiature impiegate negli azionamenti elettrici. In particolare vengono presi in esame i problemi di natura elettromagnetica, meccanica e termica che sono fondamentali per la progettazione e l'esercizio degli azionamenti elettrici. Inoltre vengono studiate le metodologie relative al controllo delle macchine con dispositivi statici per la conversione dell'energia elettrica.

Programma

Strutture magnetiche ed avvolgimenti impiegati nella realizzazione delle macchine elettriche rotanti. Problemi termici e meccanici: dimensionamento degli alberi rotanti, velocità critiche, vibrazioni, equilibratura, rumori, perdite e raffreddamento. Condizioni e tipo di servizio.

Esame dei dispositivi a semiconduttore per il controllo dei motori a corrente continua: convertitori AC/DC e chopper. Caratteristiche degli azionamenti che impiegano motori c.c. nel funzionamento su uno, due e quattro quadranti. Strategie di controllo della coppia e della velocità.

Caratteristiche degli inverter a commutazione naturale e forzata. Inverter a tensione ed a corrente impressa. Cicloconvertitori, convertitori a matrice.

Caratteristiche costruttive delle macchine sincrone a rotore avvolto ed a magneti permanenti. Identificazione dei parametri. Controllo della velocità negli azionamenti con macchine sincrone. Schemi per l'implementazione del controllo di coppia ad orientamento di campo. Caratteristiche di funzionamento dei brushless AC e brushless DC.

Comportamento delle macchine ad induzione alimentate tramite convertitori statici di frequenza e tensione. Controllo di velocità e di coppia con metodi di tipo scalare. Effetti della variazione di frequenza e della saturazione sui parametri di macchina. Controllo ad orientamento di campo delle macchine asincrone. Metodi di tipo diretto ed indiretto. Tecniche di modulazione di tipo PWM ed SVM. Metodologie per il controllo della coppia che non richiedono la presenza di trasduttori di posizione e velocità. Tecniche per l'identificazione e l'adattamento dei parametri.

Azionamenti con attuatori a moto incrementale. Motori di tipo passo-passo e motori a

riluttanza variabile. Caratteristiche statiche e dinamiche. Campi di applicazione. Tecniche di alimentazione e problemi di instabilità dinamica.

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. KINGLSEY Jr., A. KUSKO, *Macchine Elettriche*, Franco Angeli Editori, 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.

Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica, Macchine Elettriche, Controlli Automatici.

L'esame consta di una prova orale.

1359

CHIMICA (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 schermatura 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.

196

CONTROLLI AUTOMATICI

Docente: **Fulvio Terragni** prof. ass.

Finalità dell'insegnamento

L'insegnamento ha come scopo 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. Esso viene integrato con notizie relative alla descrizione matematica dei sistemi nello spazio degli stati e ai collegamenti fra questa e la descrizione polinomiale (funzioni di trasferimento).

Programma

Lezioni:

- 1) Concetti fondamentali: sistemi e modelli matematici, schemi a blocchi e grafi di flusso di segnale. Controlli ad azione diretta e in retroazione. Robustezza della retroazione rispetto all'azione diretta. Modelli matematici di alcuni sistemi dinamici.
- 2) 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.
- 3) Analisi armonica: la funzione di risposta armonica. Deduzione della risposta armonica

dalla risposta all'impulso e viceversa. Diagrammi di Bode. Formula di Bode. Diagrammi polari e diagrammi di Nichols.

- 4) 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; studio dei sistemi a ritardi finiti mediante le approssimazioni di Padè. Luoghi a M costante e a N costante: pulsazione di risonanza, picco di risonanza e larghezza di banda.
- 5) Il metodo del luogo delle radici. Definizione del luogo delle radici. Proprietà del luogo delle radici. Esempi di luoghi delle radici.
- 6) Progetto delle reti correttrici. Dati di specifica e loro compatibilità. Le principali reti correttrici a resistenze e capacità. La compensazione mediante reti ritardatrici, antipatrici, a ritardo e anticipo e a T. Cancellazione polo-zero. La retroazione tachimetrica. Il progetto analitico dei regolatori. I regolatori standard.
- 7) Sistemi in retroazione non lineari. Stati di equilibrio e stabilità. Il metodo della funzione descrittiva. I criteri del cerchio e di Popov. Un metodo grafico per l'analisi dei sistemi a relè.
- 8) Descrizione dei sistemi nello spazio degli stati: esempi relativi a sistemi lineari stazionari, lineari non stazionari e non lineari. Matrice di transizione dello stato ed esponenziale di matrice: procedimenti computazionali. Controllabilità ed osservabilità. Sistemi equivalenti e forme canoniche: di controllabilità, del regolatore, di Jordan, di osservabilità e dell'osservatore. Passaggio dallo spazio degli stati alla funzione di trasferimento e viceversa. Allocazione degli autovalori con retroazione stato-ingresso per il caso manovrabile e cenno al caso multivariabile. Osservatore asintotico dello stato, osservatore di ordine ridotto e proprietà di separazione. Introduzione dell'ingresso di riferimento nell'anello di regolazione. Esempi.

Esercitazioni

1. Notizie sui componenti dei sistemi di controllo.
2. Svolgimento di esercizi e progetti relativi ai sistemi di controllo in retroazione.

Modalità di esame

Prova scritta e prova orale; la prova orale si può sostenere solo se si è ottenuta la sufficienza in quella scritta.

Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica, Analisi Matematica III.

Testi consigliati:

- G. MARRO, *Controlli automatici*, Zanichelli, Bologna, 1987.
 G. MARRO, *Componenti dei sistemi di controllo*, Zanichelli, Bologna, 1984.
 Fotocopie distribuite dal docente per il punto 8 del programma.

CONVERSIONE STATICA DELL'ENERGIA

Docente:

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 doppia 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:

a) Principi fondamentali di teoria dei segnali: Trasformata di Fourier; Trasformata di Fourier tempo-discreta; Serie di Fourier; Trasformata discreta di Fourier.

b) Dispositivi principali di un sistema di acquisizione dati: Amplificatori; Convertitori Analogici-Digitali e Digitali-Analogici; Circuito Sample/Hold.

c) Strumenti di base di tipo numerico: Multimetro Digitale; Contatore Universale; Wattmetro a campionamento; Oscillografo a campionamento; Analizzatore di spettro digitale.

d) Software commerciale per la gestione di un banco automatico di misura.

6183

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, indice 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 ca-

pitale. 2. Dalla statica alla dinamica, ruolo del tasso di attualizzazione. 3. Valore attuale dei profitti annuali, dato un flusso finanziario «after taxes». 3. Profitto «annuale equivalente». 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 d'imposta. 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 «quantitativa», 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 costi 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.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

- N. LUCIANI, *Introduzione all'economia, con applicazioni agli investimenti*, CUSL, Bologna, 1992.
D. ZANOBETTI, *Economia dell'ingegneria*, Patron, 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. BOSI, *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.

ELETTRONICADocente: **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.

ELETTRONICA INDUSTRIALEDocente: **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.

1369

FISICA GENERALE I (vedi informaz. A-D)

Esame: scritto e orale.

1372

FISICA GENERALE II (vedi informaz. A-D)

Esame: scritto e orale.

6797

FISICA TECNICA

Docente: Enzo Zanchini prof. ass.

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 $\{p,T\}$, $\{p,v\}$ - Processi politropici - 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 - 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 - Proprietà delle miscele di aria e acqua - Diagrammi $\{j,x\}$ e psicrometrico - Misura del grado igrometrico - Ciclo Rankine e ciclo frigorifero a compressione.

Fluidodinamica

Definizioni elementari - Moto laminare e moto turbolento - Strato limite dinamico - Viscosità - Fluidi 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 teoria dello strato limite - Equazione integrale di bilancio dell'energia meccanica - Prevalenza - Perdite di carico - Fattore di attrito - Diagramma di Moody - Perdite di carico concentrate - Pressione effettiva - Misure di velocità e di portata - Efflusso sotto forti dipendenze di pressione.

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 geome-

tria 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; paragrafo 15.4 senza dimostrazioni; paragrafi 15.5 e 15.6; capitoli 16, 17 e 18; 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 orale» e esame «solo orale». Relativamente alla prima opzione, le prove scritte (n. 2 prove) saranno tenute in-itinerè. 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.

9730

FONDAMENTI DI INFORMATICA

Docente: **Lodovico Ambrosini Guaccimanni** prof. ass.

Scopo dell'insegnamento:

- Fornire uno strumento di approccio logico alla risoluzione di problemi.
- Mettere a disposizione un linguaggio di programmazione (il Fortran IV) 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.

Programma

- Elementi di programmazione.
Struttura generale di un calcolatore elettronico. Metodi per l'analisi di un problema. Definizione, proprietà e rappresentazione degli algoritmi di risoluzione. Il linguaggio Fortran IV. Organizzazione dei programmi. Tecniche per la ricerca degli errori. Cenni sulle strutture dei dati.
- Elementi di calcolo numerico.
Metodi di interpolazione. Il metodo delle interdizioni nello studio dei sistemi fisici lineari. Zeri di un polinomio. Zeri di una funzione. Operazioni su matrici. Soluzione di sistemi di equazioni lineari. Differenziazione numerica. Calcolo degli integrali. Integra-

zione di equazioni differenziali alle derivate ordinarie. Introduzione al problema dell'ottimizzazione.

Le lezioni vengono integrate con una serie di esercitazioni pratiche con il calcolatore.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

Sono disponibili appunti e dispense informali approvate dal docente.

Propedeuticità consigliate: Analisi matematica II.

9757

GEOMETRIA E ALGEBRA (vedi informaz. A-D)

Esame: scritto.

11135

IMPIANTI DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA

Docente: **Carlo Alberto Nucci** prof. ass.

L'insegnamento si propone di fornire agli allievi 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 dell'insegnamento 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; centrali nucleari. Centralia contropressione (produzione combinata di energia elettrica 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'ener-

gia 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 sincrone 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 (cenni). Reti con centrali termoelettriche. Reti con perdite di trasmissione trascurabili.

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 e 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:

- Dispense tratte dal testo di D. ZANOBBETTI, *Centrali e generatori elettrici*, Patron, Bologna, 1976.
- R. ROVA, *Centrali elettriche*, Cleup, Padova, 1978.
- C. ZANCHI, *Centrali elettriche*, Masson Italia, Milano, 1981.
- A. PAOLUCCI, *Lezioni di trasmissione dell'energia elettrica*, Cleup, Padova, 1990.
- F. ILCETO, *Impianti elettrici*, Patron, 1981.
- R. MARCONATO, *Sistemi elettrici di potenza*, 2 voll. CLUP, Milano, 1985.

5843

IMPIANTI ELETTRICI

Docente: **Gianni Pattini** prof. ass.

L'insegnamento si propone di fornire le basi necessarie per poter affrontare le problematiche connesse con gli impianti elettrici di media e bassa tensione e per poter progettare gli impianti stessi.

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.

Programma

Linee di trasporto in media tensione

- Cenni sulla teoria generale delle linee.
- Teoria delle linee corte (media e bassa tensione).
- Cenni sugli aspetti costruttivi delle linee in media tensione.

Concetti di base per il dimensionamento degli impianti

- Calcolo delle correnti di corto circuito negli impianti di media e di bassa tensione.
- Effetti elettrodinamici delle correnti di corto circuito.
- Integrale di Joule (energia specifica).

Apparecchi di manovra e protezione

- Teoria dell'arco elettrico.
- Apparecchiature di interruzione e di manovra per media e bassa tensione.
- Relè di protezione.

Cabine in media tensione

- Configurazione di cabina e trasformatori MT/bt.
- Quadri elettrici in media tensione.
- Coordinamento delle protezioni e selettività.

Caratteristiche di altre sorgenti in bassa tensione

- Gruppi elettrogeni.
- Gruppi di continuità assoluta.

Impianti di terra

- Curva di pericolosità della corrente.
- Dispensori ed impianti di dispersione.
- Tensione totale di terra, tensione di passo e di contatto.
- Stato del neutro e protezione contro i contatti indiretti in impianti di bassa tensione (sistemi TT, TN e IT) e di media tensione.
- Impianti di terra e di equipotenzialità.

Impianti di protezione contro i fulmini

- Cenni al dimensionamento degli impianti di protezione.

Dimensionamento degli impianti in bassa tensione

- Tipi di condutture e di cavi elettrici e loro comportamento nei confronti dell'incendio.
- Coordinamento fra apparati di protezione e linee e relativo dimensionamento.
- Selettività nell'intervento delle protezioni.
- Quadri elettrici di bassa tensione.
- Impianti di rifasamento fissi ed automatici.

Impianti elettrici utilizzatori in bassa tensione

- Impianti di illuminazione (con cenni di illuminotecnica).
- Caratteristiche di impianti di forza motrice.

Cenni a valutazioni di affidabilità e manutenibilità.

Tesi consigliati:

- ZANOBBETTI, PEZZI, *Lezioni di impianti elettrici*, CLUEB.
 PAOLUCCI, *Lezioni di trasmissione dell'energia elettrica*, CLEUP.
 CHIZZOLINI, FALETTI, *Trasmissione e distribuzione della energia elettrica*, Patron.
 CARRESCIA, *Fondamenti di sicurezza Elettrica*, Hoeply.
 CATALIOTTI, MORANA, *Impianti elettrici di illuminazione*, Promotec.

8074-4313

MACCHINE (vedi 10)

666

MACCHINE ELETTRICHEDocente: **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:

Appunti delle lezioni, stampati dalla Pitagora.

A.E. FITZGERALD, C. KINGSLEY, A. KUSKO, *Macchine elettriche*, F. Angeli.

P.L. ALGER, *The nature of poliphase induction machines*, John Wiley, New York, Chapman & Hall, London, 1951.

KOSTENKO M., PIOTROVSKY L., *Electrical Machines*, Moscov, Mir, 1968.

LIWSCHITZ M., *Le macchine elettriche*, Prima parte, Milano, Hoepli, 1963.

10008

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 trattate 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 statistico 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 magnetocustiche. 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 toppler 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. SHOHEET, *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.

11140

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, i materiali 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 punch-through; diodi PIN; diodi a punto di contatto; diodi varactor; diodi rettificatori; diodi fotodiodi, celle solari.

9. *Transistore*: L'effetto transistore; modulazione della larghezza di base; caratteristiche esterne; caratteristiche dinamiche; limiti di: potenza, tensione, corrente; parametri dei transistori, circuiti equivalenti; tempi di commutazione, rumore 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*.

8073

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 coniche. 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 piatte 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.

Propedeuticità consigliata: Meccanica razionale.

Testo consigliato:

E. FUNAIOLI, A. MAGGIORE, U. MENEGHETTI, *Lezioni di Meccanica applicata alle macchine*, Pàtron, Bologna.

Esame: consiste in una prova orale.

1381

MECCANICA RAZIONALE (vedi informaz. A-D)

Esame: scritto e orale.

11141

METODOLOGIE DI PROGETTAZIONE DI MACCHINE ELETTRICHE

Docente: **Antonino Grande** prof. ass.

Programma dell'insegnamento

1. *Considerazioni generali sul dimensionamento delle macchine elettriche.* Coefficienti di utilizzazione. Macchine geometricamente simili. Normalizzazione delle dimensioni e delle potenze. Forme costruttive. Grandezza di macchina. Protezioni. Tipi di raffreddamento. Tipi di servizio. Requisiti richiesti al motore elettrico in relazione alla caratteristica

coppia-velocità della macchina operatrice.

2. *Parametri che intervengono nel calcolo delle macchine elettriche.* Parametri ideali di macchina: lunghezza, passo, spessore del traferro. Studio di campo in prossimità della cava: metodi analitici delle trasformate conformi, metodi agli elementi finiti. Fattori di avvolgimento per f.e.m. e f.m.m. Passaggio da secondario a primario di grandezze relative a sistemi m-n fasi. Tipi di sistemi «per unità» 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 avvolgimenti 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 «ottimale» 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 nelle 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 lamina», a rotore «massiccio» 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.

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.

Testi consigliati:

Disponibili appunti tratti dalle lezioni.

732

MISURE ELETTRICHEDocente: **Alberto Burchiani** prof. ass.

L'insegnamento si propone la finalità di fornire agli allievi:

- le basi teoriche per affrontare i problemi generali delle misure;
- la conoscenza degli strumenti e dei metodi fondamentali per l'esecuzione delle misure elettriche;
- le procedure per l'esecuzione delle principali misure di verifica e collaudo relative alle macchine ed agli impianti elettrici.

Argomenti fondamentali dell'insegnamento saranno:

- significato delle misure, unità di misura, precisione, teoria degli errori e legge di propagazione degli stessi;
- strumenti indicatori elettromeccanici: funzionamento, caratteristiche ed impiego;
- strumenti indicatori ad amplificatore (elettronici) analogici e digitali: caratteristiche esterne ed impiego;
- strumenti registratori scriventi ed a supporto magnetico;
- principali metodi di misura di grandezze elettriche: potenziometrici, a ponte in c.c. e c.a.;
- misure di potenza e di energia in c.c., c.a. monofase e trifase;
- prove fondamentali su materiali dielettrici, conduttori e magnetici;
- prove sulle macchine elettriche: isolamento, rendimento e sovrariscaldamento;
- misure su impianti di messa a terra.

Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica I e II.

Costituiscono parte integrante dell'insegnamento le esercitazioni teoriche e pratiche di laboratorio.

Esame: scritto e orale.

Testo consigliato:

MODONI-DORE, *Misure elettriche*, Patron, e dispense integrative su argomenti specifici.

11142

MISURE E COLLAUDO DI MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICIDocente: **Renato Sasdelli** prof. 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 in 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 automatica. Misure mediante campionamento. Standards per il controllo della strumentazione mediante calcolatore con particolare riferimento allo IEEE 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.

Misure sulle macchine in corrente continua: rilievo delle curve caratteristiche; determinazione del rendimento; misura dei parametri caratteristici nel funzionamento transitorio.

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 oer cayse ekettrucge. Circuiti «a sicurezza positiva». Analisi dell'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 guasto; tensioni di passo e di contatto. Influenza dei disturbi in tali misure.

Le verifiche per la sicurezza negli impianti elettrici per i cantieri edili.

Propedeuticità consigliate: Misure elettriche; Macchine elettriche; Impianti elettrici.

Costituiscono parte integrante dell'insegnamento i seminari e le esercitazioni teoriche 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.

10386

MODELLISTICA DEI SISTEMI ELETTROMECCANICIDocente: **Angelo Tani** ricerc.

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.

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.

Il corso 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 i fattori 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 sogliati. Condizioni cui devono sottostare i modelli. L'anello di invecchiamento (*ageing loop*). Materiali sogliati. Il metodo di analisi combinata dei dati.

E) *Multi-stress endurance*. Modello di vita con 3 sollecitazioni (elettrica, termica e meccanica). Il modello generale di invecchiamento valido per qualunque tipo di sollecitazione. Le superfici a vita predeterminata per la valutazione della resistenza in condizioni di *multistress*.

F) *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 ambientali.

I principali *materiali magnetici* e le loro applicazioni, con particolare risalto di materiali a cristalli orientati. Criteri per il dimensionamento dei nuclei magnetici. Magneti permanenti.

Fondamenti teorici e principali informazioni sulla tecnologia dei materiali *semiconduttori*.

Il Corso si collega ai Corsi di Principi di Ingegneria elettrica, Macchine elettriche ed Impianti elettrici, e con i Corsi tecnologici successivi.

Le *dispense* del Corso sono in parte edite dalla CLUEB e in parte fornite dal docente.

3568

POLITICA ECONOMICA (vedi 07)

11714

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 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. Magneti 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.

11715

PRINCIPI DI INGEGNERIA ELETTRICA II

Docente: **Riccardo Miglio** prof. ass. (inc.)

L'insegnamento tratta prevalentemente argomenti di applicazione delle leggi dell'elettromagnetismo introdotte nel precedente insegnamento di Principi di ingegneria elettrica I. Vengono discussi i metodi di risoluzione dei circuiti sia in regime stazionario sia in regime variabile con particolare attenzione ai fenomeni transitori e al regime sinusoidale. Sono trattati i problemi energetici e i sistemi di distribuzione trifasi. Sono infine esposti i metodi di risoluzione ed elementi di progetto delle reti magnetiche non lineari, con particolare riguardo alle strutture di apparecchiature elettriche usuali.

Circuiti elettrici lineari in regime stazionario: Reti elettriche a costanti concentrate. Bipoli passivi normali e caratteristica esterna. Bipoli attivi ideali di tensione e di corrente. Bipoli attivi normali reali e caratteristiche esterne. Legge di Ohm generalizzata. Legge di Ohm per il circuito chiuso. Formula di Millmann. Analisi generale delle reti elettriche; Metodo dei potenziali di nodo. Legge delle tensioni di maglia. Metodo delle correnti di ramo. Metodo delle correnti di maglia. Legge della dualità. Principio di sovrapposizione degli effetti. Principio di equivalenza fra bipoli attivi. Teorema di Thevenin e teorema di Norton. Teorema di reciprocità. Principio di sostituzione e di compensazione. Principio di simmetria. Metodo di risoluzione grafica. Generatori controllati. Effetto Joule e bilancio energetico di un bipolo passivo. Bilancio energetico di un bipolo attivo reale: funzionamento da generatore, da motore. Analisi delle reti complesse e matrici omogenee associate a un circuito.

Circuiti elettrici non lineari in regime stazionario: Bipoli anomali e reti elettriche corrispondenti. Risoluzione per linearizzazione, per interpretazione analitica e grafica.

Circuiti elettrici in regime variabile: I problemi della solenoidalità della corrente e della irrotazionalità della tensione nei regimi variabili. Bipoli ideali in regime variabile. Transitorio di carica e scarica di un condensatore e di un induttore. Applicazione di un f.e.m. stazionaria ad un circuito R,L,C. Analisi delle reti normali a più maglie in regime variabile. Risoluzione mediante trasformazione di Laplace.

Circuiti elettrici in regime alternativo sinusoidale: Le ragioni tecniche ed economiche dell'uso del sistema sinusoidale. Comportamento in regime permanente sinusoidale dei bipoli ideali (resistore, condensatore, induttore, induttori accoppiati). Circuito equivalente tipo serie e tipo parallelo e criteri di equivalenza. Risoluzione dei circuiti con il metodo simbolico. Potenze e risoluzione dei circuiti con il metodo del Bucherot. Comportamento energetico dei bipoli attivi. Risonanza serie e parallelo. Il problema del rifasamento. Fenomeni transitori nei circuiti con generatori sinusoidali.

Sistemi trifasi: Sistema trifase simmetrico ed equilibrato, simmetrico e squilibrato, dissimmetrico e squilibrato e a quattro fili. Potenze trifasi e relative misure.

Circuiti magnetici in regime stazionario e sinusoidale: Analogia fra reti elettriche e reti magnetiche ed estensione dei metodi di risoluzione. I circuiti magnetici di apparecchiature elettriche usuali. Elettromagneti monofasi e trifasi.

Testi consigliati:

- R. MIGLIO, *Circuiti elettrici in corrente continua*, edit. Progetto Leonardo, Bologna.
 R. MIGLIO, *Circuiti elettrici in regime variabile*, edit. Progetto Leonardo, Bologna.
 R. MIGLIO, *Circuiti magnetici in regime stazionario e sinusoidale*, edit. Progetto Leonardo, Bologna.

6801

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (vedi 01)

Esame: scritto e orale.

7949

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 tecnica. 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.

Propedeuticità consigliate: Chimica, Fisica.

L'*esame* consiste in un colloquio orale riguardante anche gli argomenti trattati nelle esercitazioni.

Tesi di laurea:

Proprietà elettriche di materiali isolanti.

Studio dei processi di degradazione di materiali isolanti per alte tensioni.

10413

SENSORI E TRASDUTTORIDocente: **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 resistivi. 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 «star», «daisy-chain», «party-line». 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.

Propedeuticità consigliate: Misure elettriche.

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.

6676

SISTEMI DI TRAZIONE (vedi 09)

11148

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 e distribuzione dell'energia elettrica. Esso lascia all'insegnamento di Impianti di produzione dell'energia elettrica il compito di fornire gli analoghi elementi per le centrali elettriche nonché l'approfondimento degli argomenti strettamente in comune ai due corsi.

Programma

Linee elettriche. Caratteristiche costruttive delle linee aeree: conduttori a fascio; sostegni; funi di guardia. Linee in cavo. I parametri primaria e secondari per unità di lunghezza: resistenza, induttanza di servizio, capacità di servizio, conduttanza. La teoria delle linee elettriche in regime permanente: lo schema elettrico a parametri distribuiti; 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.

Studio dei flussi di potenza nelle reti (Load flow). Analisi nodale della rete. Determinazione dei coefficiente della matrice delle ammettenze di rete. Il calcolo della ripartizione dei flussi di potenza. Le approssimazioni dei metodi di soluzione. Cenni alle curve delle prestazioni limite dei generatori sincroni trifase.

Lo stato 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. 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. Equazioni del moto. Criterio delle aree. Applicazione del criterio delle aree ad alcuni casi notevoli. 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 (a periodici) di c.c. Richiami sui circuiti equivalenti di sequenza degli elementi costituenti i sistemi elettrici (generatori, trasformatori, linee). Metodologie di calcolo delle correnti di c.c. 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. Interruttori a richiusura rapida.

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. Cenni alla regolazione della frequenza secondaria ed alla ripartizione del carico attivo tra le centrali di una rete. Regolazione di una rete con centrale pilota e regolazione frequenza potenza per reti interconnesse.

Impiego della corrente continua. Viene accennato ai casi in cui può convenire la utilizzazione di linee in corrente continua, per il trasporto di energia su grandi distanze, per collegamenti in cavo 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.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

- D. ZANOBETTI, M. PEZZI, *Lezioni di impianti elettrici*, CLUEB, Bologna, 1981.
- F. ILICETO, *Impianti elettrici*, Pàtron, 1981.
- N. FALETTI, P. CHIZZOLINI, *Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica*, 2 voll. Pàtron, 1987.
- G. MALAMAN, A. GIORGI, M. CALZATI, *Teletrasmissioni al servizio delle reti elettriche di energia*, Pitagora editrice, Bologna, 1988.

R. MARIN, M. VALTORTA, *Trasmissione ed interconnessione*, V Ed., Cedam, Padova, 1973.

Sono inoltre disponibili dispense tratte dalle lezioni del docente.

11717

STRUMENTAZIONE ELETTRONICA DI MISURA

Docente: **Antonio Menchetti** prof. ass.

L'insegnamento si propone di presentare gli strumenti elettronici utilizzati nelle misure delle grandezze elettriche illustrandone i principi di funzionamento, le soluzioni circuitali, le diverse cause di errore e le prestazioni.

Programma

1 - Misure in corrente continua

Elementi di circuito e loro caratterizzazione: bipoli lineari e non lineari; campioni di fem allo stato solido; amplificatori in CC, amplificatori con compensazione automatica della tensione di offset, amplificatori con compensazione in alternata; amplificatori differenziali; convertitori A/D e D/A.

Strumenti di misura: multimetri numerici.

2 - Misure in corrente alternata

Elementi di circuito e loro caratterizzazione: amplificatore; moltiplicatore analogico; sample-hold; porte logiche.

Circuiti ausiliari: generatori di frequenza campione; maglia ad aggancio di fase (PLL); circuiti logici combinatori e sequenziali.

Richiami di teoria dei segnali: sviluppo in serie di Fourier; trasformata di Fourier; trasformata discreta di Fourier.

Strumenti di misura: oscilloscopio; oscilloscopio a memoria digitale, frequenzimetro numerico; convertitori AC/DC a valor medio, a valore di cresta, a vero valore efficace (a termocoppia ed elettronici); voltmetro vettoriale; fasometro; analizzatore d'onda e di spettro; analizzatore di reti; lock-in amplifier.

Le esercitazioni, svolte in laboratorio, riguardano la determinazione dei parametri caratteristici di alcuni elementi di circuito e l'uso degli strumenti studiati.

Propedeuticità consigliate: Misure Elettriche, Elettronica Applicata.

4153

TECNICA DELLE ALTE TENSIONIDocente: **Giovanni Mazzanti** ricerc. (inc.)

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.

1013

TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI (vedi 02)

(09) CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA

02

AERODINAMICADocente: **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 palettature di alcuni tipi di ventilatori, pompe e turbine.

Caratteristiche meccaniche e termodinamiche dei fluidi. Campi scalari e campi vettoriali. Equazioni per lo studio del moto dei fluidi. Campi di moto irrotazionali (moti a potenziale). Moti piani irrotazionali di fluido incomprimibile. Funzione di corrente. Corrente traslocircolatoria attorno al cerchio. Funzioni analitiche e trasformazione conforme e loro applicazioni ai moti piani. Profili Joukowski. Teoria di Glauert per i profili sottili. Teoria di Prandtl dell'ala finita. Curve polari. 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. Correnti 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.

1350

ANALISI MATEMATICA IDocenti: **Enrico Obrecht** prof. ord. (A-S)**Giovanni Dore** prof. straord. (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 secon-

daria, 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 reali e complesse. Funzioni reali e complesse di una variabile reale: limiti e continuità. Le funzioni elementari in \mathbb{R} e in \mathbb{C} . 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. Interpolazione polinomiale, formule di quadratura. Serie in \mathbb{R} e in \mathbb{C} .

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

G. GILARDI, *Analisi I*, McGraw-Hill.

J. CECCONI, G. STAMPACCHIA, L.C. PICCININI, *Esercizi e problemi di analisi matematica*, vol. I, Liguori.

E. LANCONELLI, E. OBRECHT, *Esercizi di Analisi I*, Pitagora.

1354

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.

Programma

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.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

Sono disponibili delle dispense dell'insegnamento. Inoltre:

SILOV, *Analisi Matematica. Funzioni di più variabili*, Mir.

COURANT-JOHN, *An Introduction to Calculus and Analysis*, vol. II, J. Wiley.

LANCONELLI-OBRECHT, *Analisi matematica II, Teoria*, Ed. Pitagora.

G. GILARDI, *Analisi II*, McGraw-Hill.

I. CECCONI, G. STAMPACCHI, L.C. PICCININI, *Esercizi e problemi di Analisi matematica*, vol. II, Liguori.

4117

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:
 - metodi di ottica coerente,
 - estensimetria,
 - lacche fragili.
 - La misura delle tensioni residue.
- Contributo della Analisi sperimentale delle tensioni alla qualità di sistemi:
 - La progettazione dell'esperienza.
 - 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.

1382

AZIONAMENTI ELETTRICIDocente: **Domenico Casadei** prof. ass.

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 con 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 topologie 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 costante e con flusso costante. Alimentazione tramite convertitori statici di 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.

Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica, Controlli Automatici.

L'esame consta di una prova orale.

1358

CHIMICA

Docenti: **Bruno Fortunato** prof. ass. (09 A-O)

Andrea Munari prof. ass. (09, P-Z) (10) (02)

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. Pes 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 molecolarità 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:

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di Chimica*, Ed. UTET, 1976.

R.A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di Chimica per Ingegneria*, Ed. CEDAM, 1992.

P. MANARESI, E. MARIANUCCI, *Problemi di Chimica per Ingegneria*, Ed. Esculapio, 1992.

R.A. MICHELIN, M. MOZZON, A. MUNARI, *Test ed Esercizi di Chimica*, Ed. CEDAM, 1995.

196

CONTROLLI AUTOMATICI

Docente: **Giovanni Marro** prof. ord. (inc.)

L'insegnamento ha lo scopo di presentare le metodologie fondamentali per l'analisi dei sistemi e la progettazione dei regolatori in retroazione e i principali componenti elettromeccanici ed elettronici utilizzati nei dispositivi di controllo.

Lezioni:

Concetti fondamentali: sistemi e modelli matematici; schemi a blocchi; controlli ad azione diretta e in retroazione.

Analisi nel dominio del tempo: equazioni differenziali e trasformazione di Laplace; 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, polari e di Nichols.

Proprietà generali dei sistemi in retroazione: definizioni e teoremi relativi alla stabilità; il criterio di Routh; 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 larghezza di banda; cenno al metodo del luogo delle radici.

Progetto delle reti correttive: dati di specifica e loro compatibilità; le principali reti correttive a resistenze e capacità; 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.

Complementi 1 — Elaborazione di segnali: segnali analogici e digitali; il sistema numerico binario e il codice ASCII; il bit e il byte; la trasmissione seriale delle informazioni; l'amplificatore operazionale; circuiti analogici elettronici per la realizzazione di reti correttive e di regolatori standard; l'amplificatore in alternata, il comparatore e l'interruttore elettronico di precisione.

Complementi 2 — Elettronica: i dispositivi elettronici fondamentali: diodo, rettificatore controllato e TRIAC; transistor bipolare, transistor ad effetto di campo e MOS; esempi ed applicazioni; uso della parzializzazione nel controllo di potenze elevate.

Complementi 3 — Reti logiche: reti combinatorie e sequenziali; operatori logici booleani: OR, AND e NOT e proprietà fondamentali dell'algebra binaria; semplificazione delle tabelle di verità e mappe di Karnaugh; gli operatori NOR e NAND; la logica cablata e lo stadio 'uscita a tre stati, le EPROM e i codici esadecimali per le tabelle di verità; il flip flop RS e il flip-flop D; i circuiti a scatto e il trigger di Schmidt; cenno al progetto delle reti sequenziali: grafo di flusso, codifica degli stati, realizzazione con flip flop D; cenno alla struttura e al funzionamento dei dispositivi a logica programmabile (PLC).

Complementi 4 — Componenti dei sistemi di controllo: misuratori elettrici di posizione: potenziometro, trasformatore differenziale, microsino, sincro, resolver, inductosyn, encoder, riga ottica; misuratori elettrici di velocità, accelerazione, forza e temperatura; attuatori: motori in corrente continua per azionamenti, motori bifase e motori passo passo.

Esercitazioni in aula: svolgimento di esercizi e progetti relativi ai sistemi di controllo, come preparazione alla prova scritta.

Esercitazioni in laboratorio: svolgimento di esercizi e progetti in laboratorio informatico mediante il sistema di progettazione assistita TFI (Transfer Function Interpreter), sviluppato specificamente per l'assistenza didattica e progettuale relativa ai sistemi di controllo.

Esame: scritto e orale.

Modalità di esame: Prova scritta e orale.

Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica.

Testi consigliati:

G. MARRO, *Controlli automatici*, Zanichelli, Bologna, 1992.

M.E. PENATI, G. BERTONI, *Controlli automatici - Esercizi e test commentati e risolti*, Progetto Leonardo, Bologna, 1994.

201

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 — Materiali e loro proprietà sotto sollecitazioni semplici (sollecitazioni statiche, effetto di intaglio, rottura fragile, meccanica della frattura, fatica, deformazione plastica-tensioni residue, scorrimento viscoso) — Materiali e loro comportamento sotto sollecitazioni composte (richiami di meccanica dei continui solidi, teorie di rottura, sollecitazioni statiche, sollecitazioni di fatica, teorie di plasticità, scorrimento viscoso) — Fenomeni tribologici (usura 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, cenno 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 a

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).

Propedeuticità consigliate: Meccanica applicata alle macchine, Scienza delle costruzioni, Tecnologia meccanica.

Testi consigliati:

Materiale didattico fornito dal docente

GIOVANNOZZI R., *Costruzione di macchine*, Vol. 1° e 2°, Patron, 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*, Mc Graw 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.

10414

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.

Propedeuticità consigliate

Meccanica Applicata alle Macchine, Tecnologia meccanica, Costruzione di macchine.

Testi consigliati:

Appunti redatti dal docente.

Esame orale, comprensivo della discussione del progetto svolto durante le esercitazioni.

Le *tesi di laurea* avranno carattere sia di progettazione che di ricerca.

11164

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.

10419

DINAMICA E CONTROLLO DELLE MACCHINE

Docente: **Piero Pelloni** prof. ord. (inc.)

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.

1363

DISEGNO DI MACCHINE

Docente: **Massimo Borghi** ricerc.

L'insegnamento si propone di analizzare l'aspetto sia funzionale sia costruttivo dei pezzi meccanici e di iniziare l'allievo a dar corpo a macchine semplici.

Si parte così dall'analisi dei vari tipi di disegno: di studio, costruttivo, di montaggio, di accoppiamento ed ingombro, di impianto.

Si approfondiscono i semplici argomenti di tecnologia meccanica accennati nel corso di Disegno, per poter realizzare la quotatura più appropriata, e si insiste sul come migliorare il disegno di un pezzo al fine di semplificarne la costruzione.

Si passa poi a considerare l'aspetto funzionale dei pezzi meccanici e loro intercambiabilità (tolleranze dimensionali e di forma).

Si indaga poi, in modo sistematico, su alcuni elementi fondamentali delle costruzioni meccaniche: collegamenti fissi e scomponibili, cuscinetti a rotolamento, organi di tenuta statici e dinamici.

Noti così gli elementi fondamentali del disegno meccanico, si passa a dare all'allievo le conoscenze fondamentali sugli organi delle trasmissioni meccaniche, sugli organi dei circuiti idraulici e pneumatici e sulle loro rappresentazioni convenzionali. Si eseguono complessivi di macchine rotative ed alternative. A completamento dell'insegnamento si esegue il disegno di una macchina elementare.

Propedeuticità consigliate: Disegno.

Testi consigliati:

- UNI M1, *Norme per il disegno tecnico.*
 CONTI, *Disegno tecnologico*, Pitagora.
 MANFÈ-POZZA-SCARATO, *Disegno meccanico*, Principato.
 CHIRONE, *Disegno Tecnico*, Edisco.
 MATOUSEK, *Engineering design*, Blackie.
 FARAUDO, *Critica economica del progetto meccanico*, Etas Kompass.
 FUNAIOLI, *Lezioni di Macchine Utensili*, Cooperativa Libraria.
 MICHELETTI, *Tecnologia meccanica*, Levrotto e Bella.
 CAPELLO, *Fonderia*, Signorelli.
 PAPULI-COLANTONI, *Manuale dello stampaggio a caldo*, Tamburini.
 STRASSER, *Practical design of sheet metal stamping*, Chapman e Hall.

Svolgimento degli esami: L'esame è costituito da una prova grafica e da una prova orale a carattere integrativo. L'esito della prova grafica è vincolante per l'accesso alla prova orale.

9758

DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE

Docente: Luca Piancastelli ricerc.

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 princi-

pali *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 la 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. Cenzo 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, biellamanovella). *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, «twist vectors» 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 «superprimitive» - Gestione delle informazioni topologiche e 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).

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

- UNI M1, *Norme per il Disegno tecnico*, Vol. 1, 2, pubblicato a cura dell'Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Piazza Armando Diaz 2, 20123 Milano (tel. 02-876914).
 MANFÈ, 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.

9268

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

Docente: **Andrea Zanoni** prof. ord. (inc.)

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 esterno. La struttura organizzativa e i modelli di riferimento. Il coordinamento organizzativo e le modalità per realizzarlo.

3 - *Le decisioni gestionali*

Il settore industriale, definizione ed individuazione delle caratteristiche principali. L'a-

nalisi 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, 1993.
 L. BRUSA, *Strutture organizzative d'impresa*, Giuffrè, Milano, 1986.
 G. DONNA, *L'impresa competitiva*, Giuffrè, Milano, 1992.
 BREALEY - MYERS, *Finanza aziendale*, McGraw, Milano 1990 (solo i capp. 2-3-5-6).
 M. RISPOLI, *L'impresa industriale*, Mulino, Bologna, 1984 (solo i capp. 4 e 7).
 R. SCHMENNER, *Produzione*, Sole 24 ore, Milano, 1987 (solo il cap. 7).

Per la preparazione della prova scritta, utili riferimenti con esercizi svolti sono in: G. AZZONE, *Economia e organizzazione aziendale: esercizi*, Città Studi, Milano, 1992, terza edizione.

Nella prova scritta NON verranno assegnati, in quanto non svolti durante l'insegnamento, gli argomenti di cui agli esercizi nn. 1.7-1.8-1.14-1.20-2.4-2.8-2.13 e dal 3.13 alla fine.

Gli studenti che, non potendo frequentare, dovessero incontrare difficoltà nello studio del bilancio, possono affrontare autonomamente tale tematica in: MAYER-GUGLIELMINI, *Che cosa è e come si legge un bilancio di esercizio*, Petrini, Torino, 1988.

Una copia dei testi citati è disponibile per consultazione sia presso la Biblioteca di Facoltà sia presso il CIEG. Presso il centro di riproduzione della biblioteca di Facoltà è disponibile un programma analitico con l'indicazione di ulteriori letture che potrebbero essere utili per eventuali approfondimenti.

Modalità d'esame

L'esame prevede una prova scritta (esercizio/i sulla prima 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. Come già anticipato nella Guida dello scorso anno, al fine di evitare cambiamenti traumatici, agli studenti con attestazione di frequenza anteriore all'Anno Accademico 1992/93 è consentito portare il programma del loro anno di corso e sostenere l'esame unicamente in forma orale sino alla sessione autunnale dell'A.A. 1992/93 (entro il mese di Dicembre 1993). A partire dal Gennaio 1994 la prova scritta e il programma sopra esposto debbono intendersi validi per tutti gli studenti che intendono sostenere l'esame.

10425

ELETRONICA APPLICATA I

Docente: **Antonio Gnudi** ricerc.

semiconduttori - Diffusione delle cariche mobili - Il modello matematico dei dispositivi - Il modello chimico-diffusivo.

Giunzione pn - Analisi della caratteristica corrente/tensione in polarizzazione diretta ed inversa - Comportamento in regime dinamico - Capacità differenziale.

Il transistor MOS a canale n - Analisi delle caratteristiche corrente/tensione in regime lineare ed in saturazione - Il transistor MOS a canale p.

Sistemi digitali - Elementi di logica booleana - Porte logiche elementari - Reti combinatorie - Mappe di Karnaugh - Reti sequenziali asincrone - Reti sequenziali sincrone.

I circuiti digitali - Modello semplificato dell'invertitore - Margini di immunità ai disturbi - Ritardo di propagazione.

Invertitore CMOS - Analisi della caratteristica statica - Regime dinamico - Porte logiche elementari CMOS.

Circuiti bistabili - Flip-flop SR, JK, D e T.

Modalità d'esame: solo orale.

Testi consigliati:

P.U. CALZOLARI, S. GRAFFI, *Elementi di Elettronica*, Zanichelli Ed., Bologna, 1984.

G. BACCARANI, *Dispositivi MOS*, Patron Ed., Bologna, 1982.

10426

ELETRONICA APPLICATA II

Docente: **Antonio Gnudi** ricerc.

Cenni alla tecnologia dei circuiti integrati al silicio.

Il transistor bipolare - Principi di funzionamento ed analisi delle caratteristiche corrente/tensione - Modello di Ebers e Moll.

Il regime di piccoli segnali - Linearizzazione delle equazioni costitutive dei componenti - Circuito equivalente per piccoli segnali del transistor bipolare e del transistor MOS.

Amplificatori per piccoli segnali - Stadi amplificatori elementari - Stadio amplificatore differenziale.

Richiami sulla retroazione nei circuiti lineari - Amplificatori operazionali e principali applicazioni.

Modalità d'esame: solo orale.

6794

ELETTROTECNICA

Docente: **Raffaello Sacchetti** prof. ass.

Il criterio ispiratore dell'insegnamento è quello dell'approfondimento dei concetti e delle metodologie fondamentali riguardanti lo studio dei fenomeni elettromagnetici. Ven-

gono 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; rotor a gabbia — Macchine sincrone — Macchine in c.c.: f.e.m. alle spazzole, equazioni; coppia; caratteristica esterna; dinamo 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.

L'esame si articola di regola in una prova scritta ed in una prova orale.

1367

FISICA GENERALE I

Docenti: **Antonio Vitale** prof. ord. (A-O)
Stefano De Castro ricerc. (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.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

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

1371

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.

Propedeuticità consigliate: Fisica I.

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 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.

6796

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 (*). 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. Convezione naturale e mista: 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 «Termofisica per Ingegneri» 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: «Esercizi di Fisica Tecnica», 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.

9730

FONDAMENTI DI INFORMATICA

Docenti: **Jorge E. Fernández** ricerc.

Anna Ciampolini ricerc.

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. Metodi 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.

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.

Testi obbligatori:

G. AGUZZI, M.G. GASPARO, M. MACCONI, *FORTRAN 77. Uno strumento per il calcolo scientifico*, Pitagora Editrice, Bologna.

G. MONEGATO, *Fondamenti di Calcolo Numerico*, Levrotto e 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).

9757

GEOMETRIA E ALGEBRA

Docenti: **Flavio Bonetti** prof. ass. (A-O)

Luciano Gualandri prof. ass. (P-Z)

L'insegnamento ha lo scopo di destare una sensibilità geometrica negli studenti e di fornire loro le nozioni e gli strumenti che saranno utilizzati nei corsi applicativi.

Programma

Algebra (Insiemi — Applicazioni — Strutture — Elementi di algebra delle matrici. Cenni di calcolo combinatorio — Determinanti. Sistemi di equazioni lineari — Polinomi ed equazioni algebriche in una variabile).

Geometria (Lo spazio euclideo, affine e proiettivo ad n dimensioni — Geometria analitica affine ed euclidea del piano. Studio delle curve — Geometria affine ed euclidea dello spazio ordinario. Studio delle curve e delle superfici — Teoria delle coniche nel piano proiettivo, affine ed euclideo — Alcuni cenni sulla teoria delle quadriche).

Elementi di geometria differenziale delle curve e delle superfici.

Nozione di contatto fra curve, fra curve e superficie e fra due superfici.

Curve piane (punti semplici, punti multipli, retta tangente, flessi, cerchio osculatore, curvatura).

Curve nello spazio ordinario (punti semplici, punti multipli, retta tangente, piano osculatore, cerchio osculatore, flessi triedro principale, flessione e torsione).

Superficie (punti semplici, punti multipli, piano tangente, tangenti asintotiche, classificazione dei punti, flessione delle curve della superficie, raggi principali di curvatura, curvatura totale e curvatura media).

Testi consigliati:

- fuori catalogo*
- 1) M. VILLA, *Elementi di algebra*, Patron, 1969.
 - 2) M. VILLA, *Lezioni di geometria per gli studenti dei Corsi di Laurea in Fisica ed Ingegneria*, seconda ed., Cedam, 1972.

L'esame è costituito da una prova scritta e da una prova orale.

10420

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).

Esame: scritto e orale.

Testo consigliato:

A. PARESCI, *Impianti industriali*, Esculapio Progetto Leonardo, Bologna, 1994.

515

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 vari 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 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.

Propedeuticità consigliate: Fisica Tecnica, Meccanica applicata, Macchine, Complementi di macchine, Chimica applicata, Idraulica, Elettrotecnica, Misure meccaniche.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

S. FABBRI, *Impianti meccanici*, Ed. Patron, Bologna.

S. FABBRI, *Elementi di impiantistica meccanica - Aria ed acqua*, Ed. Pitagora, Bologna.

4766

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.

Esami: L'esame consta di una prova orale.

INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME (vedi 11)

INTERAZIONE FRA MACCHINE E AMBIENTE (vedi 11)

10269

LOGISTICA INDUSTRIALE

Docente: Arrigo Pareschi prof. ord. (inc.)

L'insegnamento, obbligatorio per l'indirizzo Automazione ind.le 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 nella 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 dei materiali 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.

Esame: scritto e orale.

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, *Logistics 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.

Indirizzo della tesi di Laurea: applicativo-progettuale o di ricerca su tematiche della logistica dei sistemi produttivi.

2078

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, utilizzando le dette fonti di energia. Vengono anche richiamate le fonti di energia ed i generatori di vapore 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 macchine 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.

667

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.

Propedeuticità consigliate: Fisica tecnica, Idraulica, Macchine.

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.

Indirizzo delle tesi di laurea:

- 1) — Dimensionamento termofluidodinamico di macchine e di loro componenti.
- 2) — Sperimentazioni su macchine e su loro componenti.

670

MACCHINE UTENSILI

Docente: **Orio Zurla** 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, Costruzione di Macchine e Meccanica Applicata alle Macchine.

Testi consigliati:

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.

687

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 rettoideale. 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 limitato da pareti piane. Applicazioni tecniche. Coppia rotoideale 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 articolati 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; relazione 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.

4294

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 al 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 Helmholtz. 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.

Tesi di laurea: Problemi di interazione fra correnti e mezzi granulari.

Esami orali.

10415

MECCANICA DEI ROBOTDocente: **Vincenzo Parenti Castelli** prof. ord. (inc.)

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.

Propedeuticità consigliata: Meccanica applicata alle macchine.

Esame: scritto e orale.

Tesi di laurea: prevalentemente sperimentali, ma anche numeriche o compilative, su argomenti trattati nell'insegnamento o su argomenti affini.

4710

MECCANICA DELLE VIBRAZIONI

Docente: **Umberto Meneghetti** prof. ord. (inc.)

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 a 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 cinetoelastodinamica di meccanismi. Identificazione. Sospensioni. Dinamica dei rotori.

1379

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 ed 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 rigidi. 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 König.

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 Poinsot. 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 applicazioni. 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.

Esame: scritto e orale.

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*, Patron, Bologna.

G. GRIOLI, *Lezioni di Meccanica Razionale*, Cortina, Padova.

A. STRUMIA, *Lezioni di Meccanica Razionale*, CUSL, Bologna.

Esercizi:

BAMPI, BENATI, MORRO, *Problemi di Meccanica Razionale*, Ecig, Genova.

D. GRAFFI, *Esercizi di Meccanica Razionale*, Patron, Bologna.

MURACCHINI, RUGGERI, SECCIA, *Laboratorio di Meccanica Razionale*, Esculapio, Bologna.

Propedeuticità consigliate: Analisi matematica I e II, Geometria ed Algebra, Fisica I.

1140

MISURE MECCANICHE, TERMICHE E COLLAUDIDocente: **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.

Propedeuticità consigliate: Fisica tecnica, Idraulica.

Testi consigliati:

- 1) G. MINELLI, *Misure Meccaniche*, Patron.

- 2) DOEBELIN, *Measurement System*, 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.

Tesi di Laurea: 1) Studio di strumenti e di apparati di misura. 2) Circuiti di collaudo di macchine.

10416

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.

- Inquadramento dei sistemi produttivi ed approccio strategico alle scelte di produzione.
- Analisi tipologica et confronto sistematico dei processi produttivi; sistematizzazione tridimensionale e matrice prodotto/processo di Hayes e Wheelwright. Analisi 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 indici di prestazione.
- 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 del PCP. Il problema della riconciliazione fra domanda e risorse produttive. Le fasi logiche e sequenziali della PCP: il controllo «feed-forward» della PCP. Il diagramma «rolling» della PCP e le relazioni fra gli orizzonti temporali.
- Il Production Plane (PP): oggetto, finalità, metodi di impostazione, calcolo dei fabbisogni (da data domanda) con varie tecniche (overall factors, prodotti rappresentativi, capacity bills, resources 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): raccordo con MPS e fasi logiche. *Loading*: tabelle di carico macchina, diagrammi di carico, diagrammi di Gantt. *Sequencing*: variabili indipendenti e dipendenti e loro caratterizzazione, legami fra le variabili dipendenti, possibili indici di valutazione per la ricerca della sequenza ottimale. Criteri di ottimizzazione: sistemi Monostadio (Short processing Time, Due Date, Set Up Time, Slack Time), sistemi Monostradio con macchine di 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 gestione dei materiali (GM) e delle risorse produttive: problematiche di politica e gestione delle scorte, legami con politiche di acquisto e di logistica dei materiali, tipologie dei beni a scorta. GM a domanda indipendente ed a domanda dipendente: considerazioni generali sulle logiche e sull'applicabilità. Costi caratteristici che intervengono nella GM, livello di servizio, frattile critico, legami con la probabilità cumulata di una data distribuzione stocastica e metodologie di calcolo dei diversi parametri.

- Tecniche di gestione *looking-back*: a «tempo fisso (Re Order Cycle - ROC)», a «quantità fissa (Re Order Level - ROL)», a «valore»: trattazione completa con espressioni dei valori ottimali dei diversi parametri in gioco e valutazioni numeriche. Lotto economico di produzione: caso limite di produzione di un unico prodotto ed estensione ad N lotti di prodotti similari con 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 della 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.

Propedeuticità consigliate: Economia ed organizzazione aziendale.

Esame: scritto.

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.

11352

PRINCIPI E METODOLOGIE DELLA PROGETTAZIONE MECCANICADocente: **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.

11171

PROGETTAZIONE DI SISTEMI DI TRASPORTO (vedi 02)

2235

SCIENZA DEI MATERIALI (vedi 01)

886

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.

L'esame è costituito da una prova orale.

Testi consigliati:

- 1) Dispense dell'insegnamento.
- 2) W. NICODEMI, *Metallurgia*, Ed. Masson.

Sono disponibili tesi, sia di tipo sperimentale che compilativo, su vari argomenti che si collegano a quanto trattato nell'insegnamento.

6801

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 «crak» 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.

Esame: scritto e orale.

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.

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.

10421

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 contro-pressione. Centrali con motori a combustione interna. Centrali turbogas. Esempi. Impianti integrativi. Pompe di calore. Impianti solari. Esempi. Recupero termico: 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 psicrometriche 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. Principali 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).

6776

SISTEMI DI TRAZIONE

Docente: **Mario Matassa** proc. ass.

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'insegna-

mento 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 captazione 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.

Esami: orali, con presentazione e discussione delle esercitazioni svolte.

Testi consigliati:

A. ORLANDI, *Meccanica dei Trasporti*, Ed. Pitagora, Bologna.

F. PERTICAROLI, *Trazione Elettrica*, Ed. CLUP, Milano.

Appunti delle lezioni forniti dal docente.

Tesi di laurea: studi e progetti relativi a sistemi di trazione stradale e ferroviaria.

STRUMENTAZIONE E AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

Docente: Sergio Fabbri prof. ord.

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'inse-

gnamento 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.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

Dispense di strumentazione industriale.

11173

STUDI DI FABBRICAZIONE

Docente: **Luca Tomesani** ricerc.

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 Tecnology» 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 attrezzatura, «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 «just in time».

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 software specifici per la stesura di cicli di lavorazione e per la programmazione automatica delle macchine utensili.

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

a) *Combustione e combustibili convenzionali*: studio termodinamico e cinetico della combustione ed esame delle caratteristiche dei combustibili naturali ed artificiali.

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.

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 ricettore.

2 - Corrosione dei materiali metallici

a) *Corrosione umida*: aspetti termodinamici e cinetici, morfologia della corrosione e metodi di protezione.

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.

a) *Materie plastiche*: i principali tipi di plastomeri e resine termoindurenti; produzione e stampaggio delle materie plastiche.

b) *Gomme*: elastomeri naturali e sintetici; preparazione delle mescole.

c) *Vernici ed adesivi*: preparazione utilizzazione e controlli di qualità.

Propedeuticità consigliate: Chimica.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

1) GIRELLI, *Trattato di Chimica Ind. ed Applicata*, Zanichelli, Bologna.

Testi consigliati durante l'insegnamento.

3) Appunti del Corso.

Svolgimento degli esami

Discussione orale di argomenti svolti nell'insegnamento, ed una prova scritta consistente nell'esame guidato di un problema pratico.

Indirizzo della tesi di laurea

Applicativo, in particolare con riferimento alla scelta ed al dimensionamento di massima di specifici processi.

11177

TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE (vedi 02)

1031

TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI (vedi 02)

2121

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, sulfinizzazione, processi Tecnifer e Ni-Temper, borurizzazione). 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, termoindurenti. Criteri di progettazione.

Lo zinco: cenni storici e di metallurgia. Proprietà e tecnologie. Leghe di zinco. Zincatura.

Propedeuticità consigliata: Tecnologia Meccanica.

Testi consigliati:

VESCHI D., *L'acciaio e il suo impiego*, Ed. Patron.

VESCHI D., *L'alluminio e le sue leghe*, Ed. Patron.

VESCHI D., *Materie plastiche*, Ed. Patron.

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) di un particolare proposto.

1037

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 Compass, Milano.

VESCHI, *L'acciaio e il suo impiego*, Edit. Patron, 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 progettazione 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.

11177

TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE (vedi 02)

1059

TERMOTECNICA DEI REATTORI (vedi 10)

8081

TURBOMACCHINE

Docente: **Roberto Bettocchi** prof. ass.

L'insegnamento si propone di affrontare il progetto termofluidodinamico delle turbomacchine attraverso approfondimenti delle conoscenze di base i cui principi generali sono trattati nei corsi di Macchine e Complementi di Macchine.

Tipi di turbomacchine.

Dimensionamento monodimensionale delle turbomacchine; teoria monodimensionale

delle macchine a fluido incompressibile e comprimibile; tracciamento linee meridiane di corrente; procedura per il progetto di macchine a flusso radiale ed assiale. -

Tracciamento del profilo delle pale con il metodo ad arco di cerchio, con quello punto a punto e della rappresentazione conforme.

Generalità sul flusso bidimensionale.

Aerodinamica dei profili: prestazioni, distribuzione di pressione, influenza del numero di Mach. Variazione delle prestazioni dei profili al variare dell'allungamento e al variare del rapporto spessore massimo-corda. Risultati forniti dalla teoria aerodinamica. Sovrapposizione degli effetti aerodinamici. Profili della serie NACA usati per la costruzione dei paletamenti.

Flusso bidimensionale irrotazionale nelle turbomacchine a flusso assiale.

Prestazione dei profili posti in schiera: valutazione effetto schiera secondo Weinig ed in base all'andamento della linea media del profilo. Determinazione dello spessore dei paletamenti e disegno della pala. Valutazione delle prestazioni delle macchine operatrici assiali in funzione della portata.

Flusso bidimensionale nelle turbomacchine a flusso radiale. Studio del flusso irrotazionale attraverso schiere di pale radiali stazionarie per mezzo della trasformazione conforme. Valutazione del difetto di deviazione secondo Stodola e secondo Busemann. Pressioni e forze agenti sul fluido che attraversa schiere di pale radiali rotanti.

Influenza della viscosità del fluido sul flusso nelle turbomacchine: strato limite e fenomeni di separazione. Influenza della alterazione del profilo di velocità dovuta allo strato limite sulla prevalenza di macchine operatrici a flusso radiale. Influenza dei fenomeni di separazione sul dimensionamento delle turbomacchine.

Equazioni differenziali del moto per flusso stazionario irrotazionale e loro espressione in termini del potenziale di velocità e in termini della funzione di corrente. Risoluzione delle equazioni differenziali del moto con il metodo delle caratteristiche.

Progetto fluidodinamico di una turbomacchina.

Analisi sperimentale del flusso nelle turbomacchine e determinazione delle loro prestazioni.

Propedeuticità consigliate: Aerodinamica, Macchine, Complementi di Macchine.

Testi consigliati:

R. BETTOCCHI, *Turbomacchine*, Pitagora, Bologna, 1986.

G. VENTRONE, *Le turbomacchine*, Libreria Cortina, Padova, 1975.

G. OSNAGHI, *Macchine fluidodinamiche*, CLUP, Milano, 1979.

G.F. WISLICEMUS, *Fluid mechanics of turbomachinery*, Dover Publication, New York, 1965.

S. LAZARKIEWICZ, A.T. TROSKOLANSKI, *Impeller pumps*, Pergamon Press, London, 1965.

Tesi di laurea: Hanno carattere di progettazione termofluidodinamica o di ricerca sperimentale sui problemi connessi allo studio del flusso e alle prestazioni delle turbomacchine.

(10) CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA NUCLEARE

1350

ANALISI MATEMATICA I (vedi 09 T-Z)

1354

ANALISI MATEMATICA II (vedi 09 T-Z)

1382

AZIONAMENTI ELETTRICI (vedi 09)

1357

CHIMICA (vedi 09)

7942

CHIMICA FISICA DEI MATERIALI SOLIDIDocente: **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 Uranio e Plutonio. Comportamento del combustibile all'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.

12086

COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA INDUSTRIALE (vedi 05)

CONTROLLI AUTOMATICI I

Docente: **Maria Elisabetta Penati** ricerc.

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.
 - Assegnamento dei poli per sistemi ad un ingresso e ad una uscita (luogo delle radici).
 - Regolatori.
- 5 - Componenti dei sistemi di controllo
 - Motori elettrici in c.c. a collettore.

CONTROLLI AUTOMATICI II

Docente: **Maria Elisabetta Penati** ricerc.

- 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 del dominio delle frequenze:
 - Reti correttive di tipo anticipo, ritardo, anticipo-ritardo.
- 4 - Componenti dei sistemi di controllo:
 - Motori elettrici in c.c. a commutazione elettronica.
 - Motori elettrici in c.a.
 - Amplificatori di potenza e convertitori statici.
 - Trasduttori.

1384

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. Sollecitazioni nei perni e spine. Normativa.
11. Collegamenti a vite. Calcolo delle forze e rendimento di una vite 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 supportabile e della vita.

Propedeuticità consigliate: Scienza delle costruzioni, Meccanica applicata alle macchine.

Esame: scritto e orale.

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.

9758

DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE (vedi 01)*Esame:* scritto e orale.

9268

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (vedi 09)*Esame:* scritto e orale.

10425

ELETTRONICA APPLICATA I (vedi 09)

10426

ELETTRONICA APPLICATA II (vedi 09)

8082

ELETTROTECNICADocente: **Francesco Negrini** prof. ord.*Campi elettromagnetici*

Equazioni di Maxwell in forma locale e integrale nei mezzi stazionari. Condizioni di continuità sulla superficie di separazione tra due mezzi. Energia di un sistema elettromagnetico e bilanci energetici. Teorema di Poynting. Condizioni iniziali, al contorno e teorema di unicità. Soluzioni analitiche di problemi di campo elettrico e magnetico. 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.

Teoria delle reti e dei circuiti elettrici

Reti e circuiti a parametri concentrati e limiti di validità. Leggi di Kirchhoff. Tecniche elementari di manipolazione circuitale: collegamenti in serie e in parallelo, trasformazioni stella-triangolo e triangolo-stella. Metodi generali di analisi dei circuiti. Principio di sovrapposizione degli effetti. Teoremi di Thevenin e di Norton. Metodi generali di studio delle reti in fase transitoria (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. Gli strumenti elettrodinamici di misura. Il rifasamento. Sistemi trifase. Cenni sui generatori di alimentazione di un sistema trifase. Utilizzatori a stella e a triangolo. Teorema di equivalenza. Potenza assorbita da un utilizzatore trifase. Inserzione Aron. 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. Funzionamento a vuoto e in cortocircuito. Misura del rendimento. Trasformatori di misura. Trasformatori trifase. *Il campo magnetico rotante*. Caratteristiche costruttive delle macchine rotanti in c.a.. Ipotesi di campo. Campo stazionario al traferro prodotto dalla corrente di una fase. Campo rotante al traferro generato dalle correnti di un avvolgimento polifase. *Macchine asincrone*. Equazioni interne. Teorema di equivalenza. Coppia elettromagnetica. Condizioni di funzionamento da motore, generatore e freno. Caratteristica meccanica ed elettromeccanica. 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. Parallelo degli alternatori. Coppia elettromagnetica. Alternatore monofase. *Macchine a corrente continua*. Caratteristiche costruttive. F.e.m. indotta alle spazzole. Commutazione. Coppia elettromagnetica. Equazioni interne ed esterne della dinamo. Caratteristica esterna. Dinamo autoeccitata in parallelo. Motore con eccitazione in parallelo. 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

L'insegnamento 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.

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 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.

Riferimenti bibliografici:

Testi didattici

1. F. BAROZZI, F. GASPARINI, *Fondamenti di Elettrotecnica: elettromagnetismo*, UTET, Torino, 1989.

2. S. BASILE, *Richiami di Elettromagnetismo*, Pitagora Editrice, Bologna, 1981.
3. F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica generale*, Pitagora Editrice, 1971.
4. L. MERIGLIANO, *Lezioni di Elettrotecnica*, voll. I e II, CLUEP, Padova, 1989.
5. G. SOMEDA, *Elementi di Elettrotecnica generale*, Patron Editore, Bologna, 1979.
6. C.A. DESOER, E.S. KUH, *Fondamenti di teoria dei circuiti*, 13^a Ed., Franco Angeli Ed., Milano, 1990.
7. V. DANIELE, A. LIBERATORE, R. GRAGLIA, S. MANETTI, *Elettrotecnica*, Monduzzi Ed., Bologna, 1994.

7972

ENERGETICA E SISTEMI NUCLEARIDocente: **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 dal vento; analisi dei siti eolici; distribuzione probabilistica di Rayleigh e Weibull; rendimento teorico di Betz; aeromotori e aeogeneratori 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.

1367

FISICA GENERALE I (vedi 09)*Esame:* scritto e orale.

1371

FISICA GENERALE II (vedi 09)*Esame:* scritto e orale.

422

FISICA NUCLEAREDocente: **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 dell'insegnamento

Richiami 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.*E. SEGRE, *Nuclei e particelle.*

430

FISICA TECNICA (vedi 05)

7945

FONDAMENTI DI INFORMATICA (vedi 11)*Esame:* scritto e orale.**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.

Esami: una prova scritta e una prova orale.

Testi consigliati:

V. BOFFI, *Fisica del reattore nucleare*, vol. I, parte 1^a e 2^a, Patron Ed., Bologna, 1974.

9757

GEOMETRIA E ALGEBRA (vedi 09)

517

IMPIANTI NUCLEARIDocente: **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 «nocioli» con particolare riferimento ai reattori di tipo provato ed a quelli in fase pre-industriale. La seconda parte è rivolta allo studio dell'impianto nel suo complesso e cioè allo studio dei cicli termodinamici, alla ottimizzazione dei principali parametri, alla scelta dei principali componenti, tenendo conto sia degli aspetti di base che delle esigenze di natura economica e tecnologica. Lo studio particolareggiato, il dimensionamento e la progettazione di alcuni componenti fondamentali e tipici di impianti nucleari è oggetto di una terza parte dell'insegnamento. La parte finale è normalmente dedicata allo studio di elementi di impiantistica generale e ad argomenti strettamente connessi agli impianti nucleari quali l'arricchimento ed il ritrattamento dei combustibili nucleari, lo smaltimento e/o lo stoccaggio dei rifiuti radioattivi.

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.

Le 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 o di carattere progettuale o di ricerca applicata, su temi stabiliti di anno in anno.

10385

LOCALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI ENERGETICI

Docente: **Paolo Vestrucci** ricerc.

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti gli elementi conoscitivi e le metodologie di base per affrontare il complesso tema della localizzazione dei sistemi per la produzione di energia elettrica. 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 e 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:

- L. 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 resulting cost to the utility*, Report, 1988.
 P.A. VESILIND, J.J. PEIRCE, R.F. WEINER, *Environmental Engineering*, second edition, 1988, Butterworths.

4313

MACCHINE

Docente: **Giorgio Negri di Montenegro** prof. ord.

Finalità dell'insegnamento:

L'insegnamento si propone di fornire in primo luogo all'allievo ingegnere nucleare la metodologia di base per la comprensione dei fenomeni termofluidodinamici che avvengono nelle macchine motrici e operatrici delle centrali di potenza convenzionali e nucleari. Questa indagine è strettamente correlata allo studio dei principali gruppi a vapore, a gas, a fluidi pesanti e combinati, già in uso o di prevista realizzazione a breve termine.

In un secondo tempo vengono individuate le grandezze caratteristiche e le relative curve delle predette macchine al fine di rendere definito il loro campo di impiego e le loro prestazioni. Ciò richiede lo studio preliminare della costituzione e del modo di funzionare delle macchine in esame.

Programma

- 1) I generatori di vapore — la combustione, il rendimento e l'architettura.
- 2) Condensatori a miscela ed a superficie.
- 3) Gruppi di potenza a vapore; gruppi di potenza a gas; i gruppi combinati gas vapore; la cogenerazione.
- 4) Gruppi e macchine frigorifere.

- 5) I compressori di gas.
- 6) Le turbomacchine idrauliche.
- 7) Le pompe centrifughe e alternative.
- 8) Impianti di pompaggio.
- 9) Motori a combustione interna, a carburazione e diesel.

Propedeuticità: Fisica Tecnica, Scienza delle Costruzioni, Meccanica delle macchine.

Testi consigliati:

- G. MORANDI, *Macchine ed apparecchiature a vapore e frigorifere*, Ed. Pitagora, Bologna.
 G. MINELLI, *Macchine idrauliche*, Ed. Pitagora, Bologna.
 G. NEGRI DI MONTENEGRO, D. MORO, G. NALDI, *Corso di macchine 1 Sistemi e componenti termici*, Ed. Pitagora, Bologna.
 G. NEGRI DI MONTENEGRO, G. NALDI, A. PERETTO, *Corso di macchine 2 Macchine volumetriche Trasmissioni meccaniche*, Ed. Pitagora, Bologna.

10008

MAGNETO-FLUIDODINAMICA APPLICATA (vedi 05)

10385

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 del 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.

1379

MECCANICA RAZIONALE (vedi 09)

Esame: scritto e orale.

5804

METODI NUMERICI DEI 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.

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 poldrome. 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 applicazione 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.

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, ...).

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.

730

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 germogliazione, radiostimola-

zione 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.

4140

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.

i) *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 γ con la materia. Confronto con la soluzione 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.

ii) *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.

iii) *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.

Propedeuticità consigliate: Modelli Numerici per i reattori nucleari.

Testi consigliati:

Dispense fornite dal docente.

11352

PRINCIPI E METODOLOGIE DELLA PROGETTAZIONE MECCANICA (vedi 09)

11351

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.

11193

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.

6801

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (vedi 01)

Esame: scritto e orale.

10391

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 ripristinabili, 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.

11194

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-mecchaniche 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 impingment, 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, *Instrumentation Engineers Handbook*, Chilton Book Co., 1989.
 - J.F. HARVEY, *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 (Fochi-Hudson, Riva-Calzoni, FBM, etc.) saranno integrate con incontri con tecnici ENEL a Montalto di Castro e a Caorso e (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.

1044

TECNOLOGIA DEI MATERIALI NUCLEARI

Docente: **Paolo Vestrucci** ricerc. (inc.)

L'insegnamento copre gli aspetti teorici ed applicativi inerenti alle proprietà ed all'impiego dei materiali per la costruzione degli impianti nucleari e ne presenta i problemi anche alla luce dei principi fondamentali della Scienza dei Materiali correlandone i meccanismi microstrutturali con gli aspetti tecnologici di immediato significato applicativo per l'ingegnere progettista e di esercizio.

1. *Considerazioni introduttive.* Comportamento dei materiali sottoposti a sollecitazioni di varia natura - Le proprietà nucleari dei materiali - Metodi di studio e finalità dell'insegnamento.
2. *I principi della scienza dei materiali nello studio delle proprietà tecnologiche.*
 - 2.1. *Aspetti termodinamici.* Richiami di termodinamica - Le trasformazioni di fase: studio sistematico dei casi notevoli riguardanti sistemi in fasi condensate - Diagrammi di stato complessi - Cenno ai sistemi ternari - Cenno ai sistemi sede di reazione chimica.
 - 2.2. *Aspetti strutturalistici.* La struttura dei solidi - Richiami di cristallografia - Fasi solide metalliche: soluzioni solide, fasi intermedie - Cristalli reali e difetti reticolari - Vacanze e difetti di Frenkel - Dislocazioni - Meccanica delle dislocazioni - Conseguenze della presenza dei difetti reticolari nei cristalli reali: diffusione, plasticità ed incrudimento dei metalli - Bordi di grano.
 - 2.3. *Aspetti cinetici.* Definizioni generali - Costanti cinetiche e loro dipendenza dalla temperatura - Processi di diffusione: leggi di Fick - Cinetica delle trasformazioni di fase liquido-solido e solido-solido - Meccanismi ricostruttivi: nucleazione e accrescimento, e non ricostruttivi: trasformazione martensitica - Segregazione, isteresi, strutture di transizione e fasi martensitiche - Diagrammi TTT.
3. *Trattamenti termici dei materiali metallici.* Definizioni e finalità - Processi di addolcimento: ricotture di omogeneizzazione, distensione, completa - Meccanismi di riassetta-

mento, ricristallizzazione, ingrossamento dei grani - Trattamenti di indurimento basati sulla trasformazione eutettoidica: tempra diretta e termale, rinvenimento, bonifica, tempra bainitica, bonifica isoterma - Trattamenti di indurimento basati sulla precipitazione da soluzione solida soprassatura; solubilizzazione, invecchiamento.

4. *Comportamento meccanico dei materiali metallici.* Deformazione elastica e plastica - Proprietà tensili - Durezza - Resilienza - Cenno ai metodi di prova - Fattori influenzanti il limite di snervamento - Fatica: aspetti teorici e fenomenologia - Curve di Wöhler e diagrammi a vita costante - Fatica oligociclica - Scorrimento a caldo: aspetti teorici e fenomenologia - Equazioni costitutive - Determinazione pratica, prove accelerate e metodi di estrapolazione.
5. *Corrosione e protezione dei materiali metallici.* Aspetti generali e definizioni - I fondamenti dei processi corrosivi a umido: richiami di elettrochimica - Aspetti stechiometrici - Aspetti termodinamici: catene galvaniche ed equazione di catena, criteri di immunità, tensioni di elettrodo - Aspetti cinetici: sovratensioni elettrodiche, curve di polarizzazione, corrente di corrosione - Passivazione e passività - Aspetti morfologici: corrosione localizzata per pitting e fessurante - Tensocorrosione - Metodi di prevenzione e protezione - Cenno ai processi corrosivi a secco.
6. *Effetto delle radiazioni sulle proprietà dei materiali.* Cenno ai principi generali ad agli aspetti fisici - Danneggiamento del reticolo cristallino e modificazione delle proprietà fisico-meccaniche dei materiali - Energia immagazzinata e suo rilascio.
7. *Proprietà e condizioni d'impiego di alcuni materiali per impianti termici e nucleari.* Acciai inossidabili - Superleghe di nickel - Leghe di zirconio - Criteri per la scelta dei materiali per il nocciolo dei reattori provati - Cenno alle unificazioni e normative internazionali.

Testi consigliati:

P.M. STROCCHI, *Tecnologia dei Materiali Nucleari*, CLUEB, Bologna, 1979.

P.M. STROCCHI, *Schede tecniche* (distribuite durante le lezioni).

Propedeuticità consigliate: Fisica, Chimica.

Esercitazioni: Vengono sviluppati argomenti complementari ed esemplificazioni ad indirizzo applicativo con risoluzione di semplici problemi.

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.

1059

TERMOTECNICA DEI REATTORIDocente: **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) *Cicli termodinamici dei reattori nucleari.*

G) *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.

H) *Energia nucleare*: economia, proliferazione, impatto ambientale, legislazione.

Testi consigliati:

LORENZINI, *Traccia delle lezioni di Termotecnica del Reattore*, Ed. Pitagora.

EL WAKIL, *Nuclear Power Engineering*, McGraw-Hill.

LORENZINI, *Ebollizione*, Ed. Pitagora.

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.

Propedeuticità consigliate: Fisica tecnica, Fisica del reattore nucleare.

Esami: orali: attraverso 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.

11181

TRASPORTO DI PARTICELLE E DI RADIAZIONE

Docente: **Ruben 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) Plasmi: 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 plasmi in macchine toroidali per la fusione nucleare, discussione dei problemi connessi alla valutazione dei coefficienti del trasporto di massa, energia e momento nei plasmi termonucleari.

2) Applicazioni 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.

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

2006

ACQUEDOTTI E FOGNATUREDocente: **Stefano Pilati** ricerc.

L'insegnamento costituisce una variante sintetica del Corso di *Costruzioni Idrauliche*, e fornisce una descrizione complessiva delle due principali infrastrutture idrauliche (gli acquedotti e le fognature) e delle loro caratteristiche di funzionamento.

Acquedotti:

I consumi idropotabili, caratteristiche qualitative e quantitative.

Le fonti di approvvigionamento sotterranee e superficiali, la stima della quantità e qualità di risorsa ottenibile, le opere di captazione.

Le opere di accumulo e le condotte di adduzione, a pelo libero o in pressione.

I serbatoi cittadini e le reti di distribuzione. Gli allacciamenti privati.

Gli impianti di sollevamento e caratteristiche delle pompe centrifughe.

I manufatti accessori per il corretto funzionamento idraulico delle opere; tipi, materiali e caratteristiche delle condotte.

Fognature:

I sistemi di drenaggio urbano bianchi, neri e misti. La qualità delle acque reflue.

Le portate di progetto, le portate di scarico urbano, loro componenti e variabilità; l'analisi statistica delle piogge, i modelli di formazione dei deflussi e la stima delle portate pluviali.

La rete di raccolta e trasporto, materiali e tipi dei condotti e loro progetto idraulico.

Gli impianti di sollevamento; i manufatti correnti; gli allacciamenti privati.

Il problema igienico, gli scaricatori di piena e le vasche di laminazione.

Il recapito, le modalità e i manufatti per lo scarico delle acque reflue.

Testi consigliati:

L. DA DEPPO, C. DATEI, P. SALADIN, *Acquedotti*, Istituto Idraulica Università di Padova, 1996.

L. DA DEPPO, C. DATEI, P.S ALADIN, *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.

Insegnamenti propedeutici consigliati: Idraulica, Idrologia Tecnica.

9941

ANALISI DI SICUREZZA NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO (vedi 01)

1350

ANALISI MATEMATICA I (vedi 09)

1354

ANALISI MATEMATICA II (vedi 09)

10426

ANALISI STRUMENTALE E CONTROLLO DEI MATERIALIDocente: **Giorgio Timellini** prof. ass.

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 del campione. 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

- 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;

- gestione e certificazione della qualità aziendale;
- valutazioni di impatto ambientale.

Il controllo dei materiali

- Metodi di controllo e misura delle caratteristiche dei materiali.

Testi consigliati:

G. MINELLI, *Misure meccaniche*, Ed. Patron, Bologna, 1974.

A. BRAY, V. VICENTINI, *Meccanica sperimentale*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1975.

Publicazioni specifiche e dispense distribuite dal docente.

M. SAVINO, *Fondamenti di scienza delle misure*, ed. NIS, Roma, 1992.

Esame

L'esame consta di una prova orale.

54

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 esaminata 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 geostati-

stici 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 «a giorno» al sistema «in sotterraneo». 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, sulle 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 la presentazione del lavoro svolto durante il tirocinio pratico e del progetto sviluppato individualmente.

Tesi di laurea: Sono prevalentemente a carattere applicativo.

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 minerari, Meccanica delle rocce.

11702

CAVE E RECUPERO AMBIENTALEDocente: **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 e sfridi 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. Draghe 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 barasiva. 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.

Tesi di laurea: Sono prevalentemente a carattere applicativo.

Testo consigliato:

AUTORI VARI, *Articoli tecnici e scientifici forniti dal Docente.*

CHIMICA

Docente: **Maurizio Toselli** ricerc.

Struttura atomica della materia. Cenni storici sullo sviluppo della teoria atomica. Elementi chimici e composti; formula minima, molecolare e di struttura. L'atomo e i suoi costituenti: elettrone, protone, neutrone. Numero di massa e numero atomico; gli isotopi. Dimensioni e massa dell'atomo; pesi atomici assoluti e relativi. La mole e il numero di Avogadro.

Struttura del nucleo e radioattività. Il nucleo. Nuclidi stabili e nuclidi instabili, fascia di stabilità. Difetto di massa: equivalenza massa-energia; energia di legame media per nucleone e suo andamento in funzione del numero di massa. Cenni sui processi di fissione e di fusione.

Struttura elettronica dell'atomo. Il modello di Rutherford per l'atomo di idrogeno e sua incompatibilità con le leggi dell'elettromagnetismo. Quantizzazione dell'energia ed effetto fotoelettrico. Lo spettro di emissione dell'idrogeno. Il modello atomico di Bohr: orbite ed energie permesse; interpretazione dello spettro dell'idrogeno tramite il modello di Bohr. Limiti delle descrizioni modellistiche; equazione di De Broglie e principio di indeterminazione; la natura dualistica dell'elettrone e della luce. Equazione di Schrödinger e i risultati della sua risoluzione per l'atomo di idrogeno; le funzioni d'onda: gli orbitali atomici, i numeri quantici e il loro significato. Rappresentazione degli orbitali mediante il metodo delle superfici limite equiprobabilistiche: «forma» degli orbitali. Orbitali *s* e *p*, cenni sugli orbitali *d*. Lo spin dell'elettrone e il numero quantico di spin. Cenni sull'applicazione di Schrödinger agli atomi con più elettroni; principio di esclusione di Pauli e regola di Hund. Ordine progressivo dei livelli energetici. Configurazioni elettroniche nello stato fondamentale degli elementi dal I al VII periodo e degli elementi di transizione. Il sistema periodico, gruppi e periodi. Carica nucleare efficace, principali proprietà periodiche e loro andamento lungo i gruppi ed i periodi: raggio atomico, energia di ionizzazione, affinità elettronica, elettronegatività e carattere metallico.

Il legame chimico. Interazioni tra atomi; curva di Morse. Il legame ionico. Bilancio energetico nella formazione del cristallo ideale di NaCl; l'energia reticolare. Valenza ionica: struttura e proprietà dei composti ionici. Il legame covalente: generalità. La teoria di Lewis: le formule di struttura, regola dell'ottetto e le sue eccezioni. La teoria del legame di covalenza e sua applicazione alla molecola di H_2 . Legami polari; molecole polari ed apolari. Legami semplici e multipli: legami di tipo σ e π . Legame covalente di coordinazione. Teoria VSEPR. Orbitali ibridi e geometria molecolare: gli ibridi sp , sp^2 e sp^3 . Cenni ad altri tipi di ibridazione. Geometria di alcune molecole poliatomiche. Strutture limite in risonanza. La teoria degli orbitali molecolari: l'approssimazione LCAO; applicazione alla molecola H_2 . Molecole biatomiche omonucleari. L'ordine di legame. Il legame metallico: proprietà principali dei solidi metallici. Teoria delle bande. Conduttori e isolanti. I semiconduttori e il loro drogaggio con elementi accettori o donatori. I legami deboli: il legame a idrogeno e le interazioni di Van der Waals.

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. Nomenclatura tradizionale e IUPAC per i composti inorganici più comuni. Principali classi di composti chimici.

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. Cenni alla teoria dei gas e alla legge di distribuzione delle velocità molecolari (distribuzione di Maxwell-Boltzmann). Le miscele di gas ideali. I gas reali e l'equazione di Van der Waals (cenni). Lo stato liquido. L'equilibrio liquido-vapore: la pressione di vapore e la temperatura di ebollizione. Le soluzioni; i diversi modi di esprimerne la composizione. Le soluzioni ideali: la legge di Raoult. Cenni sul comportamento delle soluzioni non ideali. Lo stato solido: solidi amorfi e cristallini. Cristalli ionici, covalenti, molecolari e metallici; alcuni esempi di strutture ioniche e metalliche compatte.

Termodinamica ed equilibrio chimico. Sistemi termodinamici e variabili di stato; trasformazioni reversibili e irreversibili. Il 1° principio: equivalenza tra calore e lavoro. Energia interna ed entalpia. Calori molari a volume e a pressione costante. Termodinamica: le equazioni termochimiche; le entalpie standard di reazione, di formazione e di combustione. La legge di Hess e sue applicazioni. Criteri di spontaneità di una trasformazione termodinamica: fattore energetico e fattore probabilistico. Il 2° principio e l'entropia. Entropia nei sistemi isolati. Significato dell'entropia in termini di probabilità di stato. Trasformazioni spontanee e condizioni di equilibrio per un sistema non isolato; energia libera e lavoro utile. Considerazioni sulla spontaneità dei diversi tipi di reazione in base al diverso contributo del fattore entalpico ed entropico. Condizioni di equilibrio per una reazione chimica, l'equazione isoterma di Van't Hoff. Il quoziente di reazione e la costante di equilibrio. Modi di esprimere la costante di equilibrio per sistemi gassosi ideali: K_p e K_c ; cenni sui sistemi non ideali: l'attività. Reazioni eterogenee. Lo spostamento dell'equilibrio: effetto di una variazione nella concentrazione di alcuni componenti, di variazione della pressione e della temperatura (equazione di Van't Hoff). Calcolo del rendimento e della composizione di una reazione in condizioni di equilibrio (grado di avanzamento della reazione).

Equilibri ionici in soluzione acquosa: autoprotolisi dell'acqua, pH e pOH. Acidi e basi secondo Arrhenius e secondo Brönsted-Lowry; forza degli acidi e delle basi. La forza di un acido e della sua base coniugata. Acidi e basi poliprotici. Calcolo del pH di soluzioni acquose di acidi o basi forti e di acidi o basi deboli monoprotici: impostazione esatta ed approssimata. Neutralizzazione acido-base; idrolisi; soluzioni tampone. Equilibrio di solubilità: il prodotto di solubilità e l'effetto dello ione in comune.

Equilibri tra fasi diverse. La regola delle fasi; sua applicazione in casi semplici. Equilibri di fase per sistemi ad un componente ed equazione di Clausius-Clapeyron: interpretazione delle relative curve del diagramma di stato di un componente puro. Diagrammi di stato dell'acqua e del diossido di carbonio, cenni al diagramma di stato dello zolfo. Modificazioni del diagramma di stato dell'acqua a causa della dissoluzione di un componente poco volatile; le proprietà colligative delle soluzioni.

Cinetica chimica. Definizione della velocità di reazione. Equazione cinetica della sua forma canonica. Gli ordini parziali e l'ordine totale di reazione. Reazioni elementari e molecolarità; reazioni in più stadi. Integrazione delle equazioni cinetiche nel caso delle reazioni del 1° e del 2° ordine: andamento nel tempo delle concentrazioni. Determinazione degli ordini parziali di reazione: metodo delle velocità iniziali e metodo basato sulle equazioni integrate. L'equilibrio chimico dal punto di vista cinetico. 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. I catalizzatori. Catalisi eterogenea e catalisi omogenea. Alcuni esempi di meccanismi di catalisi.

Elettrochimica. Generalità sui potenziali elettrodi. Le pile: la pila Daniell, importanza del setto poroso o del ponte salino. Vari tipi di semielementi galvanici. Schematizzazione di una pila. Termodinamica elettrochimica: forza elettromotrice di una pila ed equazione di Nernst. Potenziali di un semielemento: l'elettrodo ad idrogeno e la serie dei potenziali standard di riduzione. Pile di concentrazione. Cenni sulla corrosione elettrochimica dei metalli; passivazione e metodi di protezione. Elettrolisi: origine del potenziale di decomposizione. Sovratensione. Reazioni che avvengono agli elettrodi e criteri di scarica delle specie. Leggi di Faraday e loro applicazioni.

Elementi di chimica organica. Idrocarburi: alcani, alcheni, alchini, idrocarburi cicloalifatici e aromatici (reattività e metodi di preparazione). Altri gruppi funzionali: alogeno derivati, alcoli, eteri, aldeidi, chetoni, acidi carbossilici, esteri, ammidi e ammine (reattività e metodi di preparazione). **I polimeri.** Generalità: termoplastici, termoindurenti ed elastomeri. Reazioni di polimerizzazione: polimerizzazione a catena e a stadi. Polimeri a larga diffusione. Omopolimeri e copolimeri. Cristallinità e proprietà termiche.

Testi consigliati:

R.A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di Chimica per Ingegneria*, 2^a o 2^a ed., Cedam.
P. CHIORBOLI, *Fondamenti di Chimica*, Utet.

372

137

CHIMICA INDUSTRIALE (vedi 01)

148

CHIMICA ORGANICA (vedi 01)

128

CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI (vedi 02)

204

COSTRUZIONE DI STRADE, FERROVIE E AEROPORTI (vedi 02)

206

COSTRUZIONI IDRAULICHE (vedi 02)

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: l. 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 «legge antismog» (1966) al D.P.R. 24 maggio 1988 n. 203, attuativo di direttive comunitarie per il controllo delle emissioni inquinanti.

La disciplina amministrativa prevista per i nuovi impianti e quella di «censimento» degli impianti esistenti.

L'autorizzazione all'esercizio di centrali termoelettriche.

Le fattispecie penali introdotte dal DPR 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 «migliore tecnologia disponibile» (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)», 1991, Collana «Energia ed Ambiente, Maggioli ed., Rimini).
- 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.

9758

DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE (vedi 01)

9268

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (vedi 09)

7943

ELEMENTI DI ECOLOGIADocente: **Mario Grasso** prof. ord.

- 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.

275

ELETTROTECNICA I (vedi 02)

279

ELETTROTECNICA IIDocente: **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.

Propedeuticità:

È indispensabile avere superato l'esame di Fisica II ed avere frequentato le lezioni dell'insegnamento generale di Elettrotecnica.

Testi consigliati:

Appunti informali del docente.

F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica generale*, Pitagora, Bologna.

R. MIGLIO, C. TASSONI, *Trasformatori monofasi trifasi e speciali*, Patron, Bologna.

F. ILICETO, *Lezioni di Elettrotecnica vol. III impianti*, La Goliardica, Roma.

FITZGERALD, KINGLSEY, KUSKO, *Macchine elettriche*, Franco Angeli, Milano.

FISICA GENERALE I (vedi 01)

1371

FISICA GENERALE II (vedi 09)

430

FISICA TECNICA AMBIENTALEDocente: **Alessandro Cocchi** prof. ord.*Termodinamica generale e applicata*

Richiami di termodinamica - Classificazione e descrizione dei sistemi. Proprietà e coordinate termodinamiche. Misure di temperatura. Le equazioni del bilancio energetico per i sistemi chiusi e per i sistemi aperti. Significato ingegneristico dell'entropia.

Sistemi chimicamente omogenei e diagrammi termodinamici - Proprietà termodinamiche dello stato liquido. Proprietà termodinamiche del vapore saturo umido. Gas ideale e gas perfetti (proprietà termodinamiche e studio delle trasformazioni). Gas reali (legge degli stati corrispondenti, fattore di compressibilità). Trasformazioni tipiche su: superficie (p, v, t), diagramma di Clapeyron (p,v), diagramma entropico (T,s), diagramma entalpico o di Mollier (h,s), diagramma pressione-entalpia (ln p,h).

Sistemi a più componenti non reagenti in fase gassosa - Miscele di gas perfetti. Miscele di gas reali. Miscele di gas e vapori. Miscele di aria e vapor d'acqua. Diagrammi di Mollier e psicrometrico. Trasformazioni psicrometriche elementari. Misura del grado igrometrico.

Cicli termodinamici - Cicli politropici (Otto, Diesel, Stirling, Ericsson). Ciclo di Rankine. Ciclo frigorifero e sua utilizzazione anche come pompa di calore. Il tubo di calore. Ciclo frigorifero ad assorbimento. La termopompa.

Termocinetica

Fenomeni di trasporto - Generalità. Meccanismi elementari. Leggi di Newton, di Fourier, di Fick. Turbolenza. Analogie.

La conduzione - L'equazione di Fourier. Conduzione in regime stazionario. Conduzione in regime variabile. Analogia elettrica. Proprietà termofisiche. Inerzia termica: sfasamento e ritardo.

La convezione - Generalità. Moto di un fluido non isoterma. Teoria della similitudine. Numeri puri. Strato limite. Regione di ingresso. Casi particolari.

L'irraggiamento - Generalità. Definizioni. Leggi del corpo nero. Scambio tra superfici completamente o parzialmente affacciate.

9730

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.

1656

FOTOGRAMMETRIA (vedi 02)

5724

GEOFISICA APPLICATADocente: **Giovanni Santarato**

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 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 delle 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. Dromocrome 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.

DOBRIN, *Introduction to Geophysical Prospecting*, McGraw-Hill, 1975.

464

GEOLOGIA

Docente: Carlo Elmi 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 «rappresentazioni» 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 magmatico 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 ed.

AA.VV., *Enciclopedia Cambridge. Scienze della Terra*, Editori Laterza.

PIERI M., *Petrolio*, Zanichelli ed.

Dispense integrative fornite dal docente.

GEOLOGIA APPLICATADocente: **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 geoeconomici legati alla definizione dell'idoneità di siti per discariche controllate.

Problemi geologico-tecnici nella progettazione di strutture viarie e grandi infrastrutture che possono alterare l'ambiente. Problemi geologico-tecnici nella progettazione degli invari 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. Geologia delle gallerie.

Contributi della Geologia applicata alla valutazione dell'impatto ambientale delle grandi

opere di trasformazione ed uso del territorio. Esempi di opere che hanno un impatto sull'ambiente: le discariche controllate, le autostrade, le dighe, gli insediamenti industriali, ecc.

Seguono cinque letture riguardanti:

1. Evoluzione paleogeografica del Mediterraneo.
2. Tettonica globale.
3. La subsidenza del territorio bolognese.
4. La geologia e i collegamenti autostradali attraverso l'Appennino tosco-emiliano.
5. Il problema dei R.S.U. in relazione all'ambiente.

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 «La Scienza» ed. Mondadori.

D.E. ALEXANDER, *Calamità naturali*, ed. Pitagora.

G. GISOTTI e S. BRUSCHI, *Valutare l'ambiente*, La Nuova Italia Scientifica.

9757

GEOMETRIA E ALGEBRA (vedi 01)

GEOSTATICA APPLICATA

10203

GEOTECNICA (vedi 02)

GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE (vedi 02)**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 «in situ» 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 HUIJBREGHTS 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.

490

IDRAULICA (vedi 04)

4135

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 04)

516

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 l'impatto ambientale legato agli impianti.

— *Trasporto.* Criteri generali e fattori che determinano l'organizzazione, la scelta delle macchine e degli impianti. Trasporto continuo: trasportatori a nastri, a raschietti ed in condotta. Caratteristiche costruttive, criteri di calcolo e modalità d'impiego. Trasporto

discontinuo in sotterraneo: locomotori, vagoni ed altri mezzi di movimentazione. Traspor'ti discontinui 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. Apparecchiature di interruzione per alta e bassa tensione. 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.

— *Impatto ambientale*. Criteri e tecniche di valutazione di impatto ambientale connesso agli impianti ed all'impiego delle macchine (polveri, rumore, ecc.). Solubrità e protezione contro gli infortuni negli ambienti di lavoro in miniera, in cava e nelle opere di sbancamento. Criteri tecnico-economici per la scelta degli impianti a minor impatto e considerazioni sugli spazi funzionali legati a problemi di sicurezza.

Le *esercitazioni* forniscono i principali elementi di calcolo e di dimensionamento degli impianti illustrati nell'insegnamento.

Tesi di laurea: prevalentemente a carattere applicativo.

Testi consigliati:

S.C. WALKER, *Mine Winding and Transport*, Elsevier.

AUTORI VARI, *Articoli tecnici e scientifici forniti dal Docente*.

Dispense redatte dal docente.

Propedeuticità consigliata: Arte Mineraria.

11137

INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE (vedi 01)

12090

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. Indagini preliminari alla scelta del metodo di scavo, alla scelta della tecnica e 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 il N.A.T.M. Scavo con le frese scudate. Scavo con le frese puntuali. Scavo con le 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 da 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.

Impatto ambientale.

11138

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 non-univocità. Calcolo delle $p^D(t_D)$ 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 Schiltsuis 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 «chiusi», 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 della viscosità. Spiazzamento immiscibile in sistemi bidimensionali: nozioni di «vertical equilibrium» 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. CHERICI, *Principi di ingegneria dei giacimenti petroliferi*, Vol. 1, Agip S.p.A. Editore (settembre 1989) - Tutto il volume, tranne il Capitolo 8.

G.L. CHERICI, *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.

Propedeuticità consigliate: È opportuno avere già seguito i corsi di Geologia, Fisica tecnica ed Idraulica.

Gli *esami* sono orali.

Le *tesi di laurea* hanno indirizzo pratico, con ricorso a programmi di calcolo automatico, e possono venire parzialmente svolte in collaborazione con Agip S.p.A.

11182

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 dei rifiuti solidi.

Rappresentazione di un insieme di particelle solide: curve granulometriche e principali parametri che le caratterizzano.

La classificazione per dimensioni

Per via diretta o vagliatura. Il funzionamento dei vagli e loro campo di applicazione. La vagliatura industriale e relativi problemi tecnici.

Per via indiretta o classificazione. Basi teoriche della classificazione: moto di un corpo solido in un fluido. I classificatori industriali e loro scelta. Rendimento di una operazione di classificazione. I bacini di decantazione e loro dimensionamento.

La comminuzione

Frantumazione e macinazione e loro campo pratico d'applicazione.

Teorie della comminuzione con particolare riguardo alla determinazione dell'energia necessaria a ridurre di dimensioni un minerale od un materiale roccioso.

La frantumazione: descrizione delle macchine impiegate per tale scopo e del loro funzionamento. I circuiti di frantumazione. Scelta del frantoio. La frantumazione come pretrattamento dei rifiuti solidi. Calcolo dell'energia necessaria alla macinazione. I circuiti chiusi di macinazione. Gli impianti di macinazione. Scelta del mulino.

La concentrazione o l'arricchimento

I principali metodi impiegati e principi fisici e chimici su cui si basano. I metodi gravimetrici; mezzi densi, crivelli e tavole a scosse. La flottazione: basi teoriche, le macchine usate e gli impianti. Tecnologia della flottazione. La concentrazione magnetica ed elettrostatica. Metodi speciali di concentrazione. La concentrazione applicata alla valorizzazione dei rifiuti.

Principali macchine accessorie degli impianti di Preparazione dei minerali. Criteri di sicurezza sul lavoro negli impianti. L'impatto ambientale provocato dagli impianti di preparazione dei minerali e le applicazioni tecniche usate per il suo contenimento.

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.

9043

INGEGNERIA DEL TERRITORIO (vedi 04)

11139

INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE (vedi 02)

11139

INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE II

Docente: **Gianni Luigi Bragadin** prof. ord.

1) *Generalità*

L'Ingegneria Sanitaria Ambientale. La difesa dall'inquinamento. I settori di intervento: acqua, aria, suolo.

2) *Acqua*

Acque naturali

Il ciclo dell'acqua naturale. Caratteristiche delle acque naturali. Utilizzo potabile, agricolo, industriale. Requisiti e legislazione.

Acque artificiali o condotte

Il ciclo delle acque condotte. Acquedotti: vari prelievi, trattamenti, qualità richiesta. Stoccaggio e distribuzione. Utilizzazione delle acque potabili.

Acque di rifiuto di origine domestica

Collettamento e convogliamento.

Le fognature: nere e miste.

Calcolo sezioni tipo condotte pozzetti pendenze allacciamenti.

L'impianto di trattamento

a) preliminari: calcolo portate; calcolo dei carichi in arrivo; variazioni giornaliere annuali; le acque da fogna mista

b) *I primario*

gli sfioratori; le griglie; il sollevamento; olio e sabbia; decantatore.

II secondario

il reattore biologico, le equazioni; decantatore, calcolo ricircolo.

III terziario

denitrificazione; defosfatazione.

Clorazione: le caratteristiche delle acque in uscita; la legge Merli.

La linea fango: recupero energetico; deidratazione e smaltimento fanghi.

Le *acque di scarico* di origine industriale e agroindustriale.

Le *acque grigie*: Il dilavaggio urbano; Le acque da zone agricole e incolte.

I corpi ricettori: Trasporto e diffusione di inquinanti in ecosistemi acquatici. Le equazioni idrauliche. L'equazione generale diffusione avvezione. Bilancio BOD-DO, Bilancio di Azoto e Fosforo. Lagune biologiche ed ecosistemi filtro.

Fiumi e torrenti. Bacini a debole ricambio. Laghi.

Mare: Le condotte sottomarine. I moti delle grandi masse: moto geostrofico. Brezze e correnti di riva. L'Adriatico.

Rifiuti solidi

Classificazione. Raccolta e trasporto. Trattamento: incenerimento, compostaggio. Stoccaggio: scarica controllata.

Inquinamento atmosferico

Caratteristiche dell'atmosfera. Statica e dinamica. Meteorologia. Inquinamento atmosferico. Meteorologia dell'inquinamento: stratificazione e dispersione.

fonti di inquinamento. I grandi camini. Dispersione degli inquinanti modelli. Trattamento delle emissioni.

Le fonti distribuite: il riscaldamento domestico; il traffico; il motore otto; il diesel.

Fabbisogni energetici

Totali, elettrici, combustibile per riscaldamento, per autotrazione.

Industriali.

Le fonti di energia: in passato attuali future.

Testi consigliati:

METCAL & EDDY, *Wastewater engineering treatment disposal reuse*, Mc Graw-Hill Book Company, Boston.

AA.VV., *Trattamento delle acque di rifiuto*, Istituto per l'Ambiente, Milano.

IMHOFF & IMHOFF, *Manuale del trattamento delle acque di scarico*, Franco Angeli, Milano.

Esercitazioni: l'insegnamento prevede una serie di esercitazioni, visite tecniche e conferenze sugli argomenti del programma.

11168

INTERAZIONE FRA LE MACCHINE E L'AMBIENTE

Docente: **Agostino Gambarotta** prof. ass. (inc.)

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'ambiente. Problematiche connesse con la riduzione delle emissioni di CO_2 : 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. DAVS, 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. WEINER, *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.

11169

MACCHINE

Docente: N. Gambini prof. ass.

L'insegnamento si propone di fornire i concetti di base per lo studio delle macchine e dei problemi connessi con il loro impiego.

In particolare vengono esaminati i principi di funzionamento e le caratteristiche operative dei sistemi energetici e delle macchine più diffusamente utilizzati per la produzione e la conversione dell'energia, con cenni ad alcuni aspetti relativi all'impatto ambientale ed alle emissioni inquinanti.

Programma

1. *Energetica*

1.1. Il fabbisogno di energia nella società umana. Fonti energetiche tradizionali ed integrative.

1.2. Sistemi energetici termici ed idraulici. Caratteristiche operative e cenni alle problematiche di impatto ambientale.

2. *I Sistemi Energetici*

2.1. Generalità: macchine a fluido e sistemi energetici. Classificazione e caratteristiche generali delle macchine a fluido.

2.2. Conversione dell'energia nei sistemi energetici motori. Conversione dell'energia

chimica in energia termica: processi di combustione ed emissioni inquinanti. Conversione dell'energia termica in energia meccanica: cicli termodinamici e rendimenti.

2.3. Sistemi energetici motori a vapore. cicli termodinamici a vapore d'acqua. Generatori di vapore: caratteristiche costruttive. condensatori: caratteristiche costruttive, dimensionamento di massima. Rigenerazione e surriscaldamento.

2.4. Sistemi energetici motori con turbine a gas. Cicli termodinamici. Metodi per aumentare il rendimento del ciclo. Camere di combustione e combustibili.

2.5. Sistemi energetici combinati. I sistemi combinati gas-vapore: schemi impiantistici e rendimenti. Sistemi energetici per cogenerazione.

2.6. Cicli e circuiti frigoriferi. Principali schemi di impianto e componenti. Impiego dei Clorofluorocarburi e relativo impatto ambientale.

3. Macchine a fluido

3.1. Turbomacchine. Richiami di fluidodinamica. Turbomacchine motrici a vapore ed a gas: trasformazioni termodinamiche, stadi ad azione ed a reazione, caratteristiche costruttive. Turbomacchine idrauliche. Turbomacchine operatrici: palettature delle macchine assiali e radiali.

3.2. Motori a combustione interna alternativi. Principali caratteristiche e tipologia dei MCI. Cicli termodinamici e funzionamento reale. Sovralimentazione. Caratteristiche funzionali dei MCI. Combustione e parametri operativi che la influenzano.

3.3. Macchine operatrici volumetriche. Compressori e pompe alternative e rotative.

Propedeuticità: Meccanica Razionale, Fisica Tecnica.

L'esame è costituito da una prova orale.

Testi consigliati:

- G. MORANDI, *Macchine ed apparecchiature a vapore e frigorifere*, Ed. Pitagora, Bologna.
 G. MINELLI, *Macchine idrauliche*, Ed. Pitagora, Bologna.
 G. MINELLI, *Motori endotermici alternativi*, Ed. Pitagora, Bologna.
 G. MINELLI, *Turbine a gas*, Ed. Pitagora, Bologna.
 G. NEGRI DI MONTENEGRO, D. MORO, G. NALDI, *Sistemi e componenti termici*, Corso di Macchine, vol. 1, Ed. Pitagora, Bologna.
 O. ACTON, C. CAPUTO, *Introduzione allo studio delle Macchine*, Macchine a fluido, vol. 1, UTET, Torino.
 O. ACTON, C. CAPUTO, *Impianti motori*, Macchine a fluido, vol. 2, UTET, Torino.
 O. ACTON, *Turbomacchine*, Macchine a fluido, vol. 4, UTET, Torino.

7947

MECCANICA DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO

Docente: **Giovanni Brighenti** prof. ord. (inc.)

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.

5 - Elementi di meccanica dei serbatoi geotermici.

6 - Utilizzo dei fluidi geotermici ad alta e a bassa entalpia.

7 - Le acque termominerali: captazione e utilizzo.

Esami orali.

Propedeuticità consigliata: Idraulica.

Testi di Laurea: teoriche, sperimentali, di calcolo.

4114

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 scala - 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 «doorstopper» 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-DUVALL, *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*.

Propedeuticità consigliate: Scienza delle costruzioni, Geologia.

L'esame consiste in una prova orale con richiami ad applicazioni pratiche.

Tesi di laurea: indirizzo teorico ed applicativo.

MECCANICA RAZIONALE (vedi 09)

5725

MINERALOGIA E PETROGRAFIA

Docente: **M. Del Monte** prof. ass.

Finalità dell'insegnamento

Illustrare il ruolo ed i limiti della mineralogia e della petrografia nell'ambito delle Scienze della Terra. Fornire i principali elementi di caratterizzazione morfologica, chimica, fisica e strutturale dei minerali e delle loro associazioni naturali (rocce).

Programma

A) *Mineralogia morfologica e diagnostica.* Caratteri morfologici e strutturali dei minerali e principali metodologie di studio. Relazioni fra struttura, composizione chimica e proprietà fisiche dei minerali. Metodologie di riconoscimento delle specie minerali.

B) *Genesi dei minerali.* Processi geochimici che portano alla formazione dei minerali. Aspetti essenziali del polimorfismo e dell'isomorfismo in relazione a specifici ambienti chimico-fisici naturali. Concetto di paragenesi e fattori che condizionano le varie associazioni di minerali. I tre grandi processi genetici dei minerali e delle rocce (eruttivo, sedimentario, metamorfico).

C) *Mineralogia e Petrografia descrittive.* I minerali di interesse industriale e i minerali delle rocce. Caratteri di giacitura, tessitura, struttura e composizione delle rocce eruttive, sedi-

mentarie e metamorfiche. Schemi essenziali di classificazione delle rocce. Associazioni di rocce e schemi evolutivi dei caratteri petrochimici. Province petrografiche.

D) *Aspetti applicativi della Petrografia*. Caratterizzazione delle rocce in funzione delle loro proprietà fisiche e tecniche. Relazioni fra proprietà fisiche e composizione. Problemi di idoneità e caratterizzazione delle rocce utilizzabili come materie prime per specifici prodotti industriali.

Testi consigliati:

G. GOTTARDI, *I minerali*, Ed. Boringhieri, Torino.

C. D'AMICO, *Dispense di Petrografia*, Ed. Cooperativa Libreria Universitaria, Bologna.

A. MOTTANA, R. CRESPI, G. LIBORIO, *Minerali e Rocce*, Ed. Mondadori.

A. MOTTANA, *Fondamenti di mineralogia geologica*, ed. Zanichelli.

C. D'AMICO INNOCENTI F.P. SASSI, *Magmatismo e metamorfismo*, Ed. Zanichelli.

Esame orale.

731

MISURE E CONTROLLI NEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI

Docente: **Ezio Mesini** ricerc. (inc.)

Finalità dell'insegnamento:

Fornire agli allievi conoscenze a carattere pratico-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. Studio delle rocce serbatoio. Prelievo dei campioni in pozzo, loro trattamento per il trasporto, identificazione dei campioni. Misure di routine di laboratorio; porosità, permeabilità all'aria ed ai liquidi, fattore di resistività di formazione. Analisi speciali su carote: curve di pressione capillare e di permeabilità relativa. Metodologia di determinazione sperimentale ed impiego nelle previsioni di comportamento dei giacimenti.

Registrazioni in pozzo (logs): posizione del problema, cenni alla storia passata, apparecchiature di registrazione di superficie. I carotaggi convenzionali: potenziale spontaneo, misure di resistività con correnti non focalizzate. I carotaggi a correnti focalizzate: laterolog e log induttivo. I microdispositivi. Logs radioattivi: principi del metodo e dettagli sul

log di radioattività spontanea, sul neutron log e sul density log. I logs sonici.

Taratura dei logs mediante carote ed interpretazione quantitativa per il calcolo della porosità e della saturazione in acqua.

Comportamento volumetrico e di fase di sistemi di idrocarburi naturali ad alta pressione. Diagrammi di fase dei greggi, dei gas a condensato e dei gas secchi in 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:

G.L. CHERICI, *Comportamento volumetrico e di fase degli idrocarburi nei giacimenti*, Giuffrè Editore, Milano, 1962.

R. DESBRANDES, *Diagraphics dans les sondages*, Ed. Technip, Paris, 1982.

DRESSER ATLAS, *Well logging and interpretation techniques*, Dresser Industries, 1982.

SCHLUMBERGER, *Log interpretation Principles/Applications*, Houston, 1989.

Esame orale, con richiami ad applicazioni pratiche delle materie dell'insegnamento.

Propedeuticità consigliate: Fisica tecnica, Meccanica dei giacimenti di idrocarburi.

14711

MODELLISTICA E CONTROLLO DEI SISTEMI AMBIENTALI

Docente: **Enzo Belardinelli** prof. ord.

1. Modellistica fisica e matematica.
2. Fondamenti di modellistica matematica: modelli ipotetico-deduttivi e fenomenologici; struttura del modello e identificazione dei parametri.
3. Linguaggi di simulazione ed elementi di programmazione.
4. Elementi di teoria dei sistemi: struttura ingresso-stato-uscita; sistemi lineari e non lineari; linearizzazione; attrattori (equilibri, cicli limite, tori).
5. Stabilità.
6. Cenni alla dinamica caotica.
7. Sistemi non lineari del 2° ordine.
8. Complementi di matematica: trasformate di Laplace e di Fourier, serie di Fourier.
9. Linguaggi di simulazione.
9. Dinamica delle popolazioni: di una popolazione, di due popolazioni interagenti (Volterra, Volterra-Lotka, Rosenzweig); modello ecologico di Odum-Patten.
10. Modelli di sistemi naturali: di un fiume (richiami e integrazioni), di un lago, di una laguna. Modelli di fioritura algale.
11. Modelli di interesse sismologico, unidimensionali e bidimensionali (cenni).
12. Modelli di traffico: a) di tipo diffusivo, b) basato sull'equazione dei momenti. Controllo semaforico.
13. Applicazioni non convenzionali della modellistica: modelli econometrici.
14. Metodi di calibrazione dei parametri.

PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

10402

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE

Docente: Franco P. Foraboschi prof. ord. (inc.)

L'insegnamento ha per oggetto lo studio del *sistema ambiente* con le metodologie dell'ingegneria chimica e di processo.

0. Considerazioni introduttive: l'ingegneria chimica ambientale

1. Elementi di analisi dei processi

1.1. *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

1.2. *Le relazioni di base* 0. Generalità 1. Equazioni di bilancio 2. Stadi di equilibrio 3. Equazioni cinetiche 4. Modelli

2. Il sistema ambiente

2.3. *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

2.4. *L'inquinamento ambientale* 0. Generalità 1. Conseguenze 2. Costi

2.5. *Gli inquinanti ambientali* 1. Tipi 2. Proprietà 3. Parametri caratteristici 4. Determinazione 5. Effetti

2.6. *Le sorgenti inquinanti* 1. Tipi 2. Caratteristiche 3. Monitoraggio 4. Effetti

2.7. *Il processo d'inquinamento ambientale* 0. Generalità 1. Concetti elementari di climatologia, meteorologia e idrologia 2. Trasporto e trasformazione degli inquinanti nell'ambiente (fenomeni e modelli) 3. Propagazione di onde di pressione ed elettromagnetiche (fenomeni e modelli) 4. Elementi di ecotossicologia 5. Monitoraggio ambientale

2.8. *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

2.9. *Cenni sulla tutela giuridica dell'ambiente dall'inquinamento* 1. Le norme di carattere generale 2. La normativa sanitaria 3. La normativa contro l'inquinamento ambientale 4. La normativa per l'igiene e la sicurezza del lavoro 5. La normativa 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. Le operazioni unitarie dell'ingegneria chimica ambientale

3.1. *Trasporto e deposito di fluidi e solidi* 1. Convogliamento di correnti fluide (reti di ventilazione degli ambienti di lavoro, sistemi di convogliamento degli scarichi di sicurezza, canali di fumo, impianti di fognatura, acquedotti, ecc.) 2. Stoccaggio dei

- fluidi (gasometri, serbatoi, bacini, ecc.) 3. Movimentazione dei solidi (nastri trasportatori, elevatori, coclee, vibrotrasportatori, trasporto pneumatico, ecc.) 4. Stoccaggio dei solidi (cumuli, sili, tramogge, discariche controllate, ecc.) 5. Trasporto a distanza di fluidi e di solidi
- 3.2. *Miscelazione e agitazione* 1. Sistemi monofasici (p. es. omogeneizzazione di acque di rifiuto) 2. Sistemi polifasici (p. es. dissoluzione o dispersione di reagenti, omogeneizzazione di rifiuti solidi, sospensioni ed emulsioni) 3. Operazioni ausiliarie (macinazione, dosaggio, ecc.)
- 3.3. *Separazione di sistemi polifasici* 1. Separazione delle particelle sospese in un gas (p. es. abbattimento di inquinanti particellari da emissioni gassose) 2. Separazione di particelle sospese in un liquido (p. es. trattamento chimico-fisico e disoleazione di acque di rifiuto) 3. Disidratazione meccanica dei fanghi (p. es. ispessimento dei fanghi di depurazione biologica delle acque di rifiuto) 4. Classificazione dei solidi (p. es. selezione dei rifiuti solidi urbani)
- 3.4. *Trasmissione del calore* 1. Scambiatori di calore sensibile (p. es. recuperi termici in impianti di depurazione di emissioni gassose calde) 2. Condensatori (p. es. abbattimento di vapori inquinanti) 3. Evaporatori (p. es. concentrazione di rifiuti a base liquida) 4. Caldaie (p. es. recupero termico in impianti di incenerimento dei rifiuti)
- 3.5. *Trasporto di materia* 1. Assorbimento (p. es. abbattimento di inquinanti gassosi) 2. *Stripping* (p. es. rimozione d'inquinanti gassosi da fasi liquide) 3. Distillazione (p. es. recupero di solventi da rifiuti liquidi) 4. Deumidificazione (p. es. abbattimento di vapori inquinanti da un'emissione gassosa) 5. Adsorbimento (p. es. depurazione di correnti fluide su carbone attivo) 6. Essiccamento termico (p. es. disidratazione di fanghi di depurazione) 7. Cristallizzazione (p. es. recupero di sali da soluzioni) 8. Estrazione (p. es. lavaggio di fanghi)
- 3.6. *Propagazione di onde di pressione ed elettromagnetiche* 1. Tipologia (rumori; vibrazioni; onde esplosive; microonde; radiazioni termiche, ultraviolette e ionizzanti) 2. Sorgenti (prevenzione degli effetti negativi) 3. Sistemi di protezione
4. **Ingegneria delle reazioni chimiche**
- 4.1. *I reattori chimici* 1. Tipi (discontinui, continui e semicontinui; omogenei ed eterogenei; miscelati e tubolari; monostadio e a più stadi) 2. Reattori speciali (a letto fluido, a fiamma, fotochimici, ecc.) 3. Resa e selettività
- 4.2. *Le reazioni chimiche* 1. Neutralizzazione (p. es. controllo del pH) 2. Ossido-riduzione (p. es. ossidazione dei cianuri, riduzione del cromo esavalente, ossidazione chimica di inquinanti organici) 3. Precipitazione (p. es. abbattimento di ioni di metalli pesanti o dell'ione solforico) 4. Combustione (p. es. ossidazione termica di inquinanti organici, formazione d'inquinanti nei processi di combustione) 5. Biologiche (p. es. processi aerobici e anaerobici di biodecomposizione d'inquinanti organici) 6. Catalitiche (p. es. inceneritori catalitici, marmitte catalitiche) 7. Varie.

Testi consigliati:

(per l'elenco dei testi consigliati e per la bibliografia essenziale inerente agli argomenti dell'insegnamento rivolgersi al Dipartimento di Ingegneria chimica e di Processo).

L'*esame* consiste in una prova scritta orale e comporta l'uso di un *personal computer* per la soluzione degli esercizi.

11143

PROCESSI BIOTECNOLOGICI AMBIENTALIDocente: **Carlo Gostoli** prof. ass. (inc.)

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 dei terreni. Processi di fermentazione (produzione di biomasse e di metaboliti). Tecniche di separazione a membrana.

816

PRODUZIONE E TRASPORTO DEGLI IDROCARBURIDocente: **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. Trattamenti in campo del gas: caratteristiche del gas naturale, gli idrati e la loro prevenzione, impianti di disidratazione, cenni sulla desolforazione e sul degasolinaggio. Trattamento in campo dell'olio: caratteristiche dei greggi, impianti di stabilizzazione, emulsioni e loro trattamento, cenni sulla desalificazione. 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 solu-

tion). 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 stoccaggio sotterraneo e sulla liquefazione del gas naturale.

Elementi di politica degli investimenti con riferimento allo sviluppo dei 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.

11172

PROTEZIONE IDRAULICA DEL TERRITORIO (vedi 02)

890

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (vedi 02)

11718

STRUTTURE DI FONDAZIONE (vedi 02)

1019

TECNICA DEI SONDAGGIDocente: **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 principali 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 seminari 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.

Esami orali.

Propedeuticità consigliate: Geologia, Meccanica delle rocce, Fisica tecnica.

Tesi di Laurea: teoriche, sperimentali, di progetto.

11174

TECNICA DELLA SICUREZZA AMBIENTALE

Docente: **Gigliola Spadoni** prof. ass. (inc.)

L'insegnamento si articola in due moduli: il primo è comune per tutti gli indirizzi, il secondo è riservato al solo indirizzo «Ambiente».

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 1

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

La costruzione di indicatori di qualità ambientale per descrivere lo stato delle componenti Territorio (popolazione, habitat, uso e qualità, diversità delle specie,...), Aria (qualità

e climatologia), Acqua (popolazione, habitat, qualità, quantità,...) e Interfaccia uomo-ambiente (rumore, odori, estetica, storia,...).

Il 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.

9047

TECNICA DELLE COSTRUZIONI

Docente: **Franco Zarri**, 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.

Propedeuticità consigliate: Scienza delle costruzioni.

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 1 (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. III p. 1, 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.

Tesi di laurea: Progetti di strutture. Coordinamento con tutti gli Istituti interessati a problemi strutturali.

1031

TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI (vedi 02)

1034

TECNICA URBANISTICA I (vedi 02)

7950

TECNICHE DI ANALISI URBANA E TERRITORIALE (vedi 04)

11703

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, composi-

zione e proprietà delle materie prime, ed analizzando i principali problemi di impatto ambientale, connessi con la loro fabbricazione ed utilizzazione.

Programma

I materiali

Classificazione dei materiali. Proprietà generali. Microstruttura e proprietà fisico-meccaniche. 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. Caratterizzazione chimico-fisica ed attitudinale delle materie prime ceramiche. I ceramici per l'edilizia, per uso domestico, per l'industria (refrattari); i leganti; il vetro: 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: metano e combustibili gassosi, GPL, benzine, gasolio, olio combustibili, oli e grassi lubrificanti, paraffina, bitumi, coke di petrolio.

I combustibili e l'ambiente: inquinamento ambientale dai processi di produzione dei combustibili. Inquinamento ambientale dai processi di combustione.

Gli esplosivi

Classificazione, caratteristiche, utilizzazione e campi di impiego.

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:

V. GOTTARDI, *Appunti dalle lezioni di Tecnologia dei materiali e chimica applicata*, Volumi su: Ceramiche, Leganti, Metalli, Combustibili, Ed. Patron, Padova, 1977.

L. BRUZZI, *Prevenzione e controllo dell'impatto ambientale*, Ed. CLUEB, Bologna, 1995. Copia dei lucidi utilizzati dal docente.

Pubblicazioni specifiche distribuite dal docente.

Esami

L'esame consta di una prova orale.

6804

TOPOGRAFIA

Docente: **Fabio Radicioni** ricerc. (inc.)

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 punti 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. Rilievi 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. SEGUIDI, *Topografia di miniera*, ed. Hoepli.

G. FOLLONI, *Principi di topografia*, Patron, Bologna 1982.

(07) CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE**Sede di Bologna**

12087

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 un 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 «routine» 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: MTTFF, MTBF, MTTR. Affidabilità di missione. Affidabilità combinatoria. Configurazioni complesse: metodo delle ispezioni, degli eventi, della probabilità condizionata, delle unioni e dei tagli minimi, tecnica della matrice di connessione. Affidabilità sperimentale: modelli sperimentali di degradazione nei componenti elettronici, prove su componenti e su sistemi. Analisi statistica dei dati di affidabilità: principali distribuzioni discrete (binominale, di Poisson) e continue. Criteri di scelta della numerosità del campione. Tecniche di analisi dei sistemi. *Analisi dei modi e degli effetti di guasto* (FMEA) e loro criticità (FMECA). Analisi dell'albero dei guasti. Tecniche di incremento dell'affidabilità e della disponibilità. Elementi di Logistica, il processo logistico, il sistema primario ed il sistema di supporto, gli 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*, «La Goliardica editrice», Roma.

1352

ANALISI MATEMATICA I (vedi informaz.)*Esame:* scritto e orale.

1353

ANALISI MATEMATICA II (vedi informaz.)*Esame:* scritto e orale.

10411

AUTOMAZIONE INDUSTRIALE (vedi 05)

1361

CHIMICA (vedi informaz.)

192

COMUNICAZIONI ELETTRICHEDocente: **Giorgio Corazza** prof. ord.*Programma*

Cenni storici sullo sviluppo del mondo delle telecomunicazioni. Rete di telecomunicazioni, servizi offerti. Dimensioni della rete, del mercato e dell'utenza. Ruolo degli standard, organismi internazionali di coordinamento. Integrazione delle tecniche e dei servizi.

Segnali analogici

Segnali analogici. Potenza ed energia dei segnali. Segnali a energia finita.

Trasformata di Fourier e sue proprietà. Spettri di ampiezza e di fase. Banda del segnale.

Sistemi lineari. Quadripoli lineari. Funzione di trasferimento.

Risposta di un quadripolo lineare ad un segnale. Condizioni di non distorsione. Filtri elettrici.

Funzioni impulsive. Impulso di Dirac. Risposta impulsiva di un quadripolo.

Spettro di energia di un segnale. Funzione di autocorrelazione.

Segnali a potenza finita. Segnali periodici. Serie di Fourier. Potenza dei segnali periodici.

Spettro di potenza per un segnale a potenza finita. Banda del segnale.

Segnali e servizi di interesse per le telecomunicazioni. Segnale telefonico. Segnale audio musicale. Segnale televisivo. Segnale video a diverse velocità. Segnale Facsimile.

Problematiche di trasmissione

Mezzi trasmissivi. Propagazione guidata e propagazione nello spazio libero. Attenuazione, distorsione Banda passante di un mezzo trasmissivo.

Linee bifilari. Cavi coassiali. Guide d'onda. Guide d'onda dielettriche: fibre ottiche.

Radio propagazione. Gamme radio e loro problematiche. Sistemi radio via satellite e cellulari.

Disturbi nei sistemi di trasmissione. Il rumore. Rumore prodotto da un resistore.

Caratterizzazione dei quadripoli: cifra di rumore, temperatura di rumore.

Qualità dei collegamenti analogici. Rapporto segnale/disturbo.

Conversione di frequenza. Modulatore a prodotto. Moltiplicazione a divisione di frequenza.

Gerarchia internazionale dei sistemi multiplex.

Modulazione di ampiezza (AM). Indice di modulazione. Spettro e modulatore AM.

Modulazione d'angolo. Modulazione di frequenza (FM). Spettro e modulatore FM.

Modulazione di fase (PM).

Segnali numerici

Rappresentazione del segnale numerico. Conversione analogico/numerica. Teorema del campionamento (di Shannon). Quantizzazione.

Moltiplicazione a divisione di tempo. Sistemi PCM e loro gerarchia internazionale.

Trasmissione dei segnali digitali. Qualità del collegamento. Tasso di errore e probabilità di errore. Trasmissione di un singolo impulso. Ottimizzazione del ricevitore. Filtro adattato.

Trasmissione di una sequenza di impulsi. Interferenza intersimbolo e sua eliminazione. Criterio di Nyquist.

Sistemi di modulazione per segnali digitali. Sistema OOK. Modulatore a prodotto e sistemi ASK. Sistemi PSK. Sistemi Q-ASK. Sistema FSK.

Problematiche di rete

Rete telefonica. Trasmissione, commutazione, segnalazione. Rete di accesso e rete di transito. Reti per dati. ISDN.

Reti di calcolatori

Cenni storici. Architettura delle reti a strati. Modello di riferimento OSI a 7 strati.

Protocolli e interfacce per i vari strati.

Reti locali, protocolli di accesso, standard IEEE 802. Reti in area metropolitana.

Commutazione di circuito e di pacchetto. Reti geografiche, protocolli per le reti pubbliche. Protocollo TCP/IP. INTERNET.

Testi consigliati:

Appunti tratti dalle lezioni.

L. CALANDRINO, G. IMMOVILLI, *Schemi delle lezioni di Comunicazioni Elettriche*, Pitagora Editrice, Bologna.

A.S. TANENBAUM, *Reti di computer*, Gruppo editoriale Jakson, Milano.

Esami: orali preceduti da una parte scritta; è previsto un compito durante il corso.

196

CONTROLLI AUTOMATICI

Docente: **Umberto Soverini** ricerc.

L'insegnamento 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. Linearizzazione dei sistemi non lineari.

Sistemi dinamici lineari e stazionari. Determinazione del moto e della risposta. Matrice di transizione e sue proprietà. Modi e loro stabilità. Risposta impulsiva. Passaggio dai modelli continui a quelli discreti. Cambiamenti di base nello spazio degli stati. Riduzione del sistema alla forma minima. Stabilità i.l.s.l. 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 correttrici anticipatrici, ritardatrici, a ritardo ed anticipo. Sintonizzazione dei regolatori standard.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono parte integrante del corso e comprendono aspetti elementari di modellistica e l'applicazione delle metodologie fondamentali di analisi e di progetto dei sistemi di controllo, in modo da mettere gli studenti in grado di affrontare i più semplici problemi tecnici relativi all'automazione. È 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.

4126

CONTROLLO DEI PROCESSI (vedi informaz.)

201

COSTRUZIONE DI MACCHINE

Docente: **Eugenio Dragoni** ricerc.

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; Limite di fatica; Diagrammi di Goodman-Smith e di Haigh).

Applicazioni (Alberi di macchina; Cuscinetti radenti e volventi; Catene di trasmissione; Collegamenti filettati e viti dimanovra; Adesivi industriali; Molle meccaniche; Ruote dentate; Recipienti in pressione; Staffe di fissaggio).

Testo consigliato:

R.C. JUVINALL, 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.

256

ECONOMIA POLITICA

Docente: **Alessandro Romagnoli** prof. ass.

Finalità

Poiché l'insegnamento si colloca alla base della formazione economico-gestionale impartita nel Corso di laurea, tre sono le sue funzioni. 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 (azienda, impresa, mercato, sistema

economico). La seconda, di tipo metodologico, tende ad illustrare le modalità, gli schemi e i concetti mediante i quali l'economia politica analizza i diversi fenomeni. La terza, di natura formativa, si concretizza nella scelta di alcuni argomenti di economia politica propedeutici sia per la successiva analisi gestionale che per lo studio economico del settore industriale.

Programma

Parte prima: i problemi economici e la loro trattazione scientifica.

- a) Nascita e sviluppo delle economie capitalistiche.
- b) Trasformazioni strutturali e dinamica industriale.
- c) Dalla realtà economica alla sua spiegazione scientifica: cenni di metodologia.
- d) Profilo storico dell'economia politica.
- e) Il funzionamento del sistema capitalistico nell'analisi economica.

Parte seconda: l'attività di consumo.

- a) Evoluzione del consumo e problemi interpretativi.
- b) Modelli per la determinazione del consumo globale nell'ambito della relazione reddito-consumo.
- c) Modelli per la determinazione del consumo individuale.
- d) Dal consumo alla domanda.
- e) Analisi della domanda.

Parte terza: l'attività di produzione e l'analisi dei sistemi produttivi.

- a) Evoluzione delle strutture produttive.
- b) Divisione del lavoro, taylorismo, fordismo.
- c) Trasformazioni tecnologiche e organizzative.
- d) Il sistema produttivo e la sua concettualizzazione.
- e) Modelli intersettoriali per l'analisi del sistema produttivo.

Parte quarta: il processo produttivo e i modelli microeconomici.

- a) I tre momenti del processo produttivo: azienda, impresa, ambiente operativo.
- b) L'unità tecnica e le teorie della produzione.
- c) Teoria dei processi produttivi.
- d) Teorie neoclassiche di produzione.
- e) Teorie dei costi.

Parte quinta: impresa e struttura dei settori industriali.

- a) Evoluzione dell'impresa e della struttura settoriale delle economie.
- b) Teoria neoclassica dell'impresa e delle «configurazioni industriali».
- c) Analisi non neoclassica dell'impresa e delle «configurazioni industriali».
- d) Il mercato.
- e) Determinazione del livello dei prezzi.

Parte sesta: analisi del sistema economico.

- a) Dai settori «industriali» al sistema economico.

- b) I problemi del sistema economico.
- c) Contabilità del sistema economico nazionale e analisi macroeconomica.
- d) L'attività di investimento.
- e) Modelli di determinazione del livello del reddito.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

S. ZAMAGNI, *Economia politica*, N.I.S. (III ed.).

A. ROMAGNOLI, *Esercitazioni di microeconomia*, Liguori Editore.

Appunti delle lezioni.

ELETTRONICA (vedi I e II di 10)

6794

ELETTROTECNICA

Docente: **Francesco Negrini** prof. ord.

Programma

Campi elettromagnetici.

Teoria delle reti e dei circuiti elettrici.

Macchine ed azionamenti elettrici.

Sistemi elettrici

Produzione di energia elettrica: esigenze e vincoli del servizio, principali tipologie di centrali di produzione, cenni alle fonti non convenzionali. Diagrammi di carico e loro copertura. Struttura di una rete elettrica di potenza: linee, stazioni, sottostazioni, cabine. Principali organi di manovra e di 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.

Laboratorio di Elettrotecnica

Il corso viene integrato normalmente con lo svolgimento di un ciclo di esercitazioni di laboratorio (1 ora alla settimana) 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. In collaborazione con i docenti delle materie «elettriche» del 4° e 5° anno, viene organizzata una visita guidata agli impianti elettrici di uno stabilimento industriale.

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 II, Fisica II.

Tesi di Laurea

Sono disponibili in particolare su argomenti relativi alla gestione dell'energia: tecnica ed economia dell'energia, conversione diretta dell'energia, macchine ed azionamenti elettrici.

Riferimenti bibliografici:**Testi didattici**

- F. BAROZZI, F. GASPARINI, *Fondamenti di Elettrotecnica: elettromagnetismo*, UTET, Torino, 1989.
 S. BASILE, *Richiami di Elettromagnetismo*, Pitagora Editrice, Bologna, 1981.
 F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica generale*, Pitagora Editrice, 1971.
 L. MERIGLIANO, *Lezioni di Elettrotecnica*, voll. I e II, CLUEP, Padova, 1989.
 C.A. DESOER, E.S. KUH, *Fondamenti di teoria dei circuiti*, 13^a Ed., Franco Angeli Ed., Milano, 1990.
 D. ZANOBETTI, M. PEZZI, *Lezioni di Impianti Elettrici*, CLUEB, Bologna, 1981.
 V. DANIELE, A. LIBERATORE, R. GRAGLIA, S. MANETTI, *Elettrotecnica*, Monduzzi Ed., Bologna, 1994.

2429

ESTIMO (vedi 02)

4521

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 del corso.

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.

1369

FISICA GENERALE I (vedi informaz.)*Esame:* scritto e orale.

1372

FISICA GENERALE II (vedi informaz.)*Esame:* scritto e orale.

FISICA TECNICADocente: **Enzo Zanchini** prof. ass.*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 $\{p,T\}$, $\{p,v\}$ - Processi politropici - 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 Calpeyron - Proprietà dei vapori surriscaldati e gas reali - Diagrammi termodinamici $\{T,s\}$, $\{h,s\}$ e $\{p,h\}$ - Proprietà delle isocore 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.

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.

Lo svolgimento del corso è accompagnato da *esercitazioni* aventi come oggetto: sistemi di unità di misura, misure pratiche di temperatura, problemi di termodinamica e di irraggiamento termico. L'*esame* consiste in un colloquio orale, comprendente la soluzione di almeno un esercizio.

Testi consigliati:

- E. ZANCHINI, *Termodinamica*, Pitagora, Bologna 1993, a partire dal capitolo 8, escludendo il capitolo 10 ed i paragrafi 19.1 e 19.2 del capitolo 19.
- 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.

FONDAMENTI DI INFORMATICA

Docente:

9757

GEOMETRIA E ALGEBRA (vedi informaz A-D)*Esame:* scritto e orale.

1677

GESTIONE AZIENDALEDocente: **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 cercando di abituare gli studenti ad affrontare gli stessi con una logica di processo.

Programma

L'insegnamento prevede una prima fase in cui verranno introdotti i principali processi decisionali esistenti in impresa. Essi, a livello didattico ed in questa fase iniziale, saranno analizzati distinguendo il momento strategico da quello operativo e verranno affrontati con ottiche funzionali.

Gli argomenti trattati 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

La gestione dell'innovazione

La gestione operativa

La gestione commerciale.

In una seconda fase si cercherà 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.

Con un approccio deduttivo, queste esperienze verranno poi razionalizzate e ricondotte ai modelli generali introdotti nella prima parte del corso.

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 prevede 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.

Si ritiene utile evidenziare che il corso è posizionato al quinto anno ed è destinato a chiudere il percorso formativo di tipo economico-aziendale dell'ingegnere gestionale. Ciò significa che *vengono dati per conosciuti* i contenuti degli esami economico-gestionali, impartiti come discipline obbligatorie nei precedenti anni del corso di laurea. Tali contenuti infatti sono alla base di quasi tutti i ragionamenti necessari per affrontare i diversi problemi gestionali.

Pur non essendo previste propedeuticità formali, gli studenti, nel programmare la sequenza temporale degli esami da sostenere, sono quindi invitati a seguire l'ordine con cui le discipline vengono impartite.

GESTIONE DEGLI IMPIANTI INDUSTRIALI

11165

GESTIONE DELL'ENERGIA

Docente: **Enrico Lorenzini** prof. ord.

Nozioni di elettrotecnica - Nozioni di termologia e termodinamica - Nozioni di illuminotecnica - Nozioni di Economia Aziendale - 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.

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.

GESTIONE DELL'INNOVAZIONE E DEI PROGETTI

Docente: **Alessandro Grandi** prof. ass.

Obiettivo e contenuti dell'insegnamento

L'insegnamento vuole fornire le conoscenze necessarie per comprendere le variabili

economico-organizzative che influenzano la gestione del processo di innovazione tecnologica nelle imprese industriali e di servizi. Dopo aver introdotto gli elementi fondamentali di analisi economica dell'innovazione e le condizioni di contesto — economiche e istituzionali — che impattano sulle capacità innovative delle imprese, il corso sviluppa gli aspetti organizzativi e gestionali del processo innovativo, riservando attenzione specifica all'analisi strategica delle scelte tecnologiche d'impresa, all'organizzazione dell'area ricerca e sviluppo e alla sua integrazione con le altre funzioni aziendali, 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 innovazione.
 Patrimonio tecnologico e posizione competitiva dell'impresa.
 Il processo innovativo: fasi e decisioni critiche.
 Sviluppo interno e forme di sviluppo esterno del patrimonio tecnologico.
 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: le dimensioni di integrazione interfunzionale.
 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 operativo dei progetti.
 Il controllo economico dei progetti.
 Il ruolo del project manager.
 La gestione multiprogetto.
3. **Analisi dei progetti di investimento**
 I calcoli di convenienza economica.
 Gli investimenti: tipologie e analisi finanziaria.
 Formule d'interesse e di attualizzazione.
 Modelli di analisi e valutazione delle alternative d'investimento: VAN, TIR, periodo di recupero, ecc.
 L'impianto del quadro fiscale nel calcolo di convenienza degli investimenti.

La valutazione degli investimenti a valenza strategica.
Valutazione e selezione del portafoglio progetti di R&S.

I testi e il materiale didattico saranno indicati a cura del docente all'inizio del corso di lezioni.

Esame: scritto e orale.

5843

IMPIANTI ELETTRICI (vedi 05)

10420

IMPIANTI INDUSTRIALI (vedi 09)

Esame: scritto e orale.

INGEGNERIA DELLE MATERIE PRIME (vedi 11)

11168

INTERAZIONE FRA LE MACCHINE E L'AMBIENTE (vedi 11)

10269

LOGISTICA INDUSTRIALE (vedi 09)

Esame: scritto e orale.

4313

MACCHINE

Docente: **Giuseppe Cantore** prof. ass.

L'insegnamento ha per fine lo studio della conversione dell'energia nelle macchine a fluido, sia motrici sia operatrici, e dei cicli relativi.

Richiamati i bilanci energetici, le trasformazioni termiche e gli scambi di energia, viene poi svolta la trattazione delle sottoelencate macchine.

- Turbomacchine a gas, loro cicli ed applicazioni peculiari.
- Turbomacchine va pore, loro cicli ed applicazioni peculiari. I sistemi combinati.
- Pompe dinamiche e volumetriche.
- Compressori dinamici e volumetrici.
- Motori alternativi a combustione interna.

L'insegnamento viene completato da esempi ed esercizi numerici e da prove in laboratorio.

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.

687

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) Misura 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.

1381

MECCANICA RAZIONALE (vedi informaz.)

Esame: scritto e orale.

NOZIONI GIURIDICHE FONDAMENTALI (vedi 02)

1046

ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E DEI SISTEMI LOGISTICI (vedi 09)

Esame: scritto e orale.

OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA (vedi informaz.)

4679

PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI (vedi 02)

3568

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 «diretto» 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.

Esame: scritto e orale.

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.

10402

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE (vedi 11)

10390

RETI DI TELECOMUNICAZIONI (vedi informaz.)

884

RICERCA OPERATIVADocente: **Paolo Toth** prof. ord.

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 valori pseudo-casuali, 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. Progettazione degli esperimenti. Linguaggio SIMSCRIPT II.5. Utilizzazione del linguaggio SIMSCRIPT II.5.

Complessità computazionale e Problemi di ottimizzazione

Complessità degli algoritmi e dei problemi. Problemi polinomiali. Problemi NP-difficili. Algoritmi enumerativi per problemi NP-difficili. 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: raggiungibilità, cammini minimi, cammini in grafi aciclici. Problemi di alberi: alberi ricoprenti a costo minimo, tecniche di parametrizzazione. Tecniche reticolari: CPM, PERT.

Programmazione lineare

Soluzione grafica. 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. Unimodularità. Utilizzazione di un *package* di programmazione lineare.

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),

procedure di riduzione. Algoritmi per la soluzione ottima dei problemi del *subset-sum*, *knapsack* singolo e *knapsack* multiplo. Algoritmi pseudo-polinomiali. Algoritmi per problemi di programmazione lineare intera.

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.

Propedeuticità: Fondamenti di Informatica.

Esami: prove scritte ed orale. Le prove scritte hanno validità annuale.

Tesi di laurea: realizzazione di algoritmi per problemi di ottimizzazione combinatoria.

Materiale didattico: fotocopie dei trasparenti utilizzati a lezione.

Testi di consultazione:

C.H. PAPADIMITRIOU, K. STEIGLITZ, *Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity*, Prentice-Hall, 1982.

G.L. NEMHAUSER, A.H.G. RINNOOY KAN, M.J. TODD (editors), *Optimization*, Vol. 1, North Holland, 1989.

S. MARTELLO, P. TOTH, *Knapsack Problems: Algorithms and Computer Implementations*, J. Wiley, 1990.

P. TOHY, *Simulazione Numerica*, ETS, Pisa, 1979.

M. FISCHETTI, *Lezioni di Ricerca Operativa*, Edizioni Libreria Progetto, Padova, 1995.

S. MARTELLO, D. VIGO, *Esercizi di Simulazione Numerica*, Esculapio, Bologna, 1996.

2235

SCIENZA DEI MATERIALI (vedi 01)

11354

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 biassiali 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 di 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.

10421

SERVIZI GENERALI D'IMPIANTO (vedi 09)

10391

SICUREZZA E ANALISI DI RISCHIO (vedi 10)

11716

SISTEMI DI CONTROLLO DI GESTIONEDocente: **Andrea Zanoni** prof. ord.*Obiettivo e contenuti dell'insegnamento*

L'insegnamento vuole fornire adeguate conoscenze delle principali variabili economico-aziendali dell'impresa e dell'uso delle stesse come strumenti di controllo della gestione.

L'enfasi dell'insegnamento sarà posta sui principali strumenti economico-finanziari per l'analisi dei fenomeni e per le decisioni.

Programma

Il corso si articola in tre parti.

1. Rappresentazione, analisi e valutazione dei risultati d'impresa

Il bilancio dell'impresa nella sua articolazione in stato patrimoniale e conto economico.

Principi contabili e di valutazione per giungere alla redazione del bilancio: il criterio di competenza, cenni sulla partita doppia, le valutazioni di fine esercizio.

Criteri di riclassificazione dei bilanci.

Analisi dei bilanci attraverso indici e flussi.

2. Costi e controllo di gestione

I costi e la loro utilizzazione per le valorizzazioni di bilancio, per le analisi di redditività e per il controllo.

Le tipologie di costo: Variabili, fissi, pieni, standard.

Il calcolo dei costi di prodotto e il riparto dei costi generali ed indiretti.

L'activity based costing.

Il punto di pareggio e il margine lordo di contribuzione.

La struttura del controllo di gestione e i centri di responsabilità.

Il budget e il controllo di gestione.

3. Le principali logiche del controllo direzionale

Il controllo delle attività.

Il controllo dei risultati.

Il controllo direzionale.

I sistemi di reporting.

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 organizzativi, 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.

11716

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.

10394

SISTEMI INFORMATIVI I (vedi informaz.)

Esame: scritto e orale.

11149

SISTEMI INFORMATIVI II (vedi informaz.)

Esame: scritto e orale.

4146

STRUMENTAZIONE E AUTOMAZIONE INDUSTRIALE (vedi 09)

Esame: scritto e orale.

11173

STUDI DI FABBRICAZIONE (vedi 09)

434

7433

TECNICA DEL CONTROLLO AMBIENTALE (vedi 18)

1031

TECNICA ED ECONOMICA DEI TRASPORTI (vedi 02)

TECNICHE DI PROGETTAZIONE URBANISTICA II

2121

TECNOLOGIE GENERALI DEI MATERIALI (vedi 09)

(13) CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE**Sede di Reggio Emilia***(c/o Reggio Città Studi SpA - via Kennedy 17 - 42100 Reggio Emilia**tel. 0522/383232, fax 0522/304217)***AFFIDABILITÀ E SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE****ANALISI DI SICUREZZA NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO (vedi 01)**

1350

ANALISI MATEMATICA IDocente: **Giovanni Dore** prof. ord.

Insieme, relazioni, funzioni. Numeri reali e complessi. Successioni in \mathbb{R} e in \mathbb{C} : limiti, successioni reali monotone, il Teorema di Bolzano-Weierstrass. Funzioni reali di una variabile reale: generalità, limiti, continuità, funzioni monotone; operazioni sui limiti e sulle funzioni continue; i teoremi fondamentali sulle funzioni continue. Le funzioni elementari in \mathbb{R} e in \mathbb{C} . Calcolo differenziale per funzioni reali di una variabile reale: derivate, regole di derivazione, i teoremi del valor medio, applicazioni allo studio della monotonia e alla ricerca degli estremi relativi e assoluti delle funzioni; derivate di ordine superiore, formula di Taylor e sua applicazione allo studio del comportamento asintotico e alla classificazione dei punti stazionari. Funzioni convesse. Approssimazione degli zeri di una funzione. Approssimazione globale di una funzione su di un intervallo. Integrale di Riemann di una funzione reale limitata definita su di un intervallo compatto di \mathbb{R} : definizione, proprietà di additività e di linearità, teorema della media, teorema fondamentale del calcolo, integrazione per parti e per mezzo di un cambiamento di variabile. Approssimazione numerica di un integrale. integrale generalizzato e serie numeriche.

Esame: scritto e orale.*Testi consigliati:*G. GILARDI, *Analisi Uno*, Mac Graw-Hill.J. CECCONI, G. STAMPACCHIA, L.C. PICCININI, *Esercizi e problemi di Analisi Matematica*, vol. I, Liguori.E. LANCONELLI, E. OBRECHT, *Esercizi di Analisi 1* (vari fascicoli), Pitagora.

1354

ANALISI MATEMATICA IIDocente: **Bruno Franchi** prof. ord.

Spazi normati. Successioni e serie di funzioni. Serie di potenze. Calcolo differenziale per funzioni di più variabili reali. Funzioni implicite. Equazioni differenziali ordinarie. Teoria della misura e dell'integrazione astratta. Integrale di Lebesgue in \mathbb{R}^n . Curve e integrali curvilinei. Campi vettoriali e loro potenziali. Introduzione al calcolo di probabilità.

N.B.: Nel corso del semestre verranno distribuite dispense che copriranno l'intero insegnamento.

Esame: scritto e orale.

CHIMICADocente: **Andrea Munari** 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 calcoli 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 reazione 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, 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. Alcuni esempi di diagrammi di stato di sistemi a due componenti.

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.

Chimica Organica. Gruppi funzionali, nomenclatura dei principali composti.

Testi consigliati:

R.A. MICHELIN, A. MUNARI, *Fondamenti di chimica per ingegneria*, 2^a ed., CEDAM, Padova, 1994.

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

Esami: Discussione orale di argomenti svolti nel corso, comprendente esercizi e calcoli numerici (stechiometria, concentrazioni delle soluzioni, elettrolisi, termochimica, equilibri in fase gassosa, equilibri in soluzioni ioniche).

CONTROLLO DEI PROCESSI (vedi informaz.)**COSTRUZIONE DI MACCHINE** (vedi 07)**ECONOMIA POLITICA** (vedi 07)Docente: **A. Romagnoli** prof. ass.**ELETTRONICA**Docente: **Massimo Rudan** prof. ord.

L'insegnamento fornisce le informazioni di base dell'Elettronica dei dispositivi e dei circuiti. Nella prima parte sono descritti le apparecchiature e i metodi della tecnologia planare per la fabbricazione dei circuiti integrati, nonché il funzionamento dei principali dispositivi a semiconduttore; nella seconda si trattano i circuiti analogici, le principali porte logiche, e i fondamenti della teoria dei segnali. In particolare, viene descritta in dettaglio una linea di produzione di circuiti integrati e sono fornite informazioni sulle prospettive di sviluppo dell'industria microelettronica.

1. Processi tecnologici in silicio.

Produzione del silicio per applicazioni elettroniche. Tecnologia planare: ossidazione termica, diffusione termica, impianto ionico, epitassia, litografia, metallizzazione. Esempi di processi bipolari e MOS. Descrizione di un impianto di produzione di circuiti integrati.

2. Dispositivi a semiconduttore.

Richiami sulla fisica dei semiconduttori, equazioni dei dispositivi, modelli per i coefficienti delle equazioni. Struttura e funzionamento dei dispositivi elementari: giunzione *p-n*, giunzione Schottky, transistor bipolare (BJT), condensatore MOS, transistor MOS a effetto di campo (MOSFET). Funzionamento in regime di piccoli segnali e transitorio.

3. Elementi di teoria dei circuiti.

Circuiti analogici: circuiti lineari elementari, circuiti non lineari, circuiti equivalenti, regime oscillatorio, filtri. Amplificatori, amplificatori operazionali, oscillatori. Circuiti logici: porte logiche elementari, circuiti combinatori e circuiti sequenziali, flip-flop, memorie statiche e dinamiche.

4. Elementi di teoria dei segnali.

Spettro di un segnale, densità spettrale di potenza. Modulazione di ampiezza e modulazione di fase, spettro dei segnali modulati. Segnali campionati e relativi spettri. Modulatori e demodulatori.

Sono disponibili tesi di laurea nell'ambito delle applicazioni dei sensori.

Bibliografia:

- 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) W. MALY, *Atlas of IC Technologies: an Introduction to VLSI Processes*, The Benjamin/Cummings Publishing Co., 1985.
- 7) M. RUDAN, *Tavole di Microelettronica*, Pitagora-Tecnoprint, 1996.
- 8) Z. KOVÁCS, A. LEONE, *Introduzione all'Elettronica analogica in 50 esercizi*, Pàtron, 1996.
- 9) P.U. CALZOLARI, S. GRAFFI, *Elementi di Elettronica*, Zanichelli, 1984.
- 10) E. DE CASTRO, *Fondamenti di Comunicazioni elettriche*, Zanichelli, 1967.
- 11) L. CALANDRINO, G. IMMOVILLI, *Schemi delle Lezioni di Comunicazioni elettriche*, Pitagora, Techoprint, 1991.
- 12) R. LASCHI, *Reti Logiche*, Progetto Leonardo, 1994.

ELETTROTECNICA

Docente: **Ivan Montanari** prof. ord.

Teoria dei campi elettromagnetici

Equazioni di Maxwell in forma locale e integrale in mezzi lineari. Leggi costitutive dei mezzi materiali. Condizioni di continuità sulla superficie di separazione tra due mezzi. Bilanci energetici di un sistema elettromagnetico. Teorema di Poynting. Condizioni iniziali, al contorno e teorema di unicità. Potenziale scalare e potenziale vettore. Soluzioni analitiche di problemi di calcolo di campo elettrico e magnetico. Cenni alla soluzione con metodi numerici. Proprietà dei materiali conduttori, dielettrici e magnetici. Effetto Joule, perdite 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 elettrici

Limiti di validità del regime quasi-stazionario. Circuiti a parametri concentrati, collegamenti in serie e in parallelo, trasformazioni stella-triangolo e triangolo-stella. Metodi

generali di analisi dei circuiti: principi di Kirchoff, metodo dei potenziali di nodo, metodo delle correnti di maglia, principio di sovrapposizione degli effetti, teoremi di Thevenin e di Norton. Cenni relativi al principio di compensazione, al principio di reciprocità ed alla applicazione dei teoremi della potenza massima, di Millman, di compensazione, di Cohn e di Tellegen. Metodi generali di studio delle reti in fase transitoria: metodo delle equazioni differenziali, cenni sui metodi operazionali (funzione di trasferimento, trasformata di Laplace), cenni sul metodo delle equazioni di stato. Reti elettriche in regime sinusoidale: grandezze sinusoidali, valore efficace, rappresentazione delle grandezze sinusoidale mediante numeri complessi. Legge di Ohm simbolica. Impedenza di un circuito. Equazioni di Kirchoff simboliche. Studio di circuiti in c.a. mediante il metodo simbolico. Risonanza ed antirisonanza. Potenza attiva e potenza reattiva. Potenza complessa. Additività delle potenze. Gli strumenti elettrodinamici di misura: amperometro, voltmetro, wattmetro. Il rifasamento: calcolo dei condensatori di rifasamento. Sistemi trifase: definizioni e proprietà fondamentali. 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.

Macchine ed azionamenti elettrici

Ipotesi fondamentali relative allo studio delle macchine elettriche. Equazioni interne ed esterne. *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: autotrasformatore, trasformatore a 3 avvolgimenti, trasformatore a corrente secondaria costante, trasformatori di fase. *Il campo magnetico rotante*. Caratteristiche costruttive delle macchine rotanti in c.a.. Ipotesi di campo. Campo rotante al traferro generato dalle correnti di un avvolgimento polifase. *Macchine asincrone*. Caratteristiche costruttive. Principio di funzionamento. Equazioni interne. Teorema di equivalenza. Coppia elettromagnetica. Equazioni esterne. Rete equivalente. Condizioni di funzionamento da motore, generatore e freno. 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, sature e non sature: diagrammi di Behn Eschemburg, di Potier e di Blondel. Parallelo degli alternatori. Coppia elettromagnetica. Alternatore monofase. *Macchine a corrente continua*. Caratteristiche costruttive. F.e.m. indotta in una spira rotorica. 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. Considerazioni tecniche sul funzionamento del motore eccitato in parallelo: avviamento e regolazione della velocità. Motore eccitato in serie. *Motori speciali*: motore asincrono bifase, motore asincrono monofase, motore a collettore a magneti permanenti, motore monofase a collettore, motore a repulsione, motore sincrono a riluttanza, motore sincrono a isteresi, motore sincrono a magneti permanenti, motori passo-passo, motore lineare a induzione, motore brushless. *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. Caratteristiche e campi di impiego. *Azionamenti elettrici*. Tipologie, caratteristiche e campi di impiego dei principali tipi di azionamento in c.a. ed in c.c.

Sistemi elettrici

Produzione di energia elettrica: esigenze e vincoli del servizio, principali tipologie di centrali di produzione, cenni alle fonti non convenzionali. Diagrammi di carico e loro copertura. Struttura di una rete elettrica di potenza: linee, stazioni, sottostazioni, cabine. Principali organi di manovra e di 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.

Propedeuticità consigliate

Analisi II, Fisica II.

Esame: scritto e orale.

Riferimenti bibliografici:

Testi didattici

- F. BAROZZI, F. GASPARINI, *Fondamenti di Elettrotecnica: elettromagnetismo*, UTET, Torino, 1989.
- S. BASILE, *Richiami di Elettromagnetismo*, Pitagora Editrice, Bologna, 1981.
- G. SOMEDA, *Elementi di Elettrotecnica generale*, Patron Editore, Bologna, 1979.
- L. MERIGLIANO, *Lezioni di Elettrotecnica*, voll. I e II, CLUEP, Padova, 1989.
- F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica generale*, Pitagora Editrice, 1971.
- C.A. DESOER, E.S. KUH, *Fondamenti di teoria dei circuiti*, 13^a Edizione, Franco Angeli Editore, Milano, 1990.
- L.O. CHUA, C.A. DESOER, E.S. KUH, *Circuiti lineari e non lineari*, Gruppo Editoriale Jackson, 1989.

Testi consigliati per la consultazione

- K.J. BINNS, P.J. LAWRENSEN, C.W. TROWBRIDGE, *The analytical and numerical solution of electric and magnetic fields*, John Wiley & Sons, Chichester, 1992.
- S. RATNAJEEVAN, H. HOOLE, *Computer-aided analysis and design of electromagnetic devices*, Elsevier, New York, 1989.
- V. CARRESCIA, *Fondamenti di sicurezza elettrica; valutazione dei rischi e analisi dei sistemi di protezione*, Hoepli, 1990.
- S.A. NASAR, *Schaum's 3000 solved problems in Electric Circuits*, McGraw-Hill, New York, 1988.
- D. O'KELY, *Performances and control of electrical machines*, McGraw-Hill, New York, 1991.
- B.W. WILLIAMS, *Power Electronics*, MacMillan, 1992.

- J. HINDMARSH, *Electrical machines and their applications*, Pergamon Press, Oxford, 1991.
- J. HINDMARSH, *Electrical machines and drivers: worked examples*, 2^a Ed., Pergamon Press, Oxford, 1991.
- A.E. FITZGERALD, C. KINGSLEY Jr., S.D. UMANS, *Electric Machinery*, McGraw-Hill, New York, 1989.
- J.M.D. MURPHY, F.G. TURNBULL, *Power electronic control of AC motors*, Pergamon Press, 1988.

FINANZA AZIENDALE (vedi 07)

FISICA GENERALE I

Docente: **Gilio Cambi** ric. conf.

1) *Introduzione all'insegnamento:*

Grandezze fisiche, unità di misura, il Sistema Internazionale. Analisi dimensionale. Cenni al concetto di variabile aleatoria, variabili aleatorie discrete e continue. Distribuzione e densità di probabilità, valor medio e varianza di una variabile aleatoria. Alcuni esempi: variabile aleatoria binaria, binomiale e gaussiana. Errori di misura, errori casuali e sistematici. Grandezze derivate, legge di propagazione degli errori statistici e sistematici. Cifre certe e cifre significative.

2) *Elementi di calcolo vettoriale:*

Grandezze scalari e vettoriali, regole di somma, proprietà di invarianza dei vettori. Prodotto tra vettori: prodotto scalare, prodotto vettoriale. Momento di un vettore rispetto ad un punto. Derivata di un vettore, derivata di un versore. Integrazione vettoriale, integrale di linea. Gradiente di una funzione scalare. Cenni ad operatori differenziali, divergenza e rotore.

3) *Cinematica:*

Sistemi di riferimento, punto materiale, traiettoria, equazione oraria. Velocità e accelerazione nel moto rettilineo, moto rettilineo smorzato esponenzialmente. Moto verticale di un corpo. Moto armonico semplice. Moti nel piano. Posizione, velocità e accelerazione nel moto piano. Moto circolare e moto parabolico, moto dei proiettili e moto dei pianeti. Cenni al moto nello spazio. Composizione di moti.

4) *Dinamica:*

Concetto di forza. Principio d'inerzia. Secondo principio della dinamica. Quantità di moto. Impulso. Risultante delle forze. Equilibrio. Reazioni vincolari. Classificazione delle forze, forza peso, forza elastica, forza di attrito radente, forza di attrito viscoso, forze centripete, tensione dei fili. Piano inclinato, pendolo semplice. Momento angolare. Momento di una forza.

5) *Moti relativi:*

Dinamica di un punto materiale in un sistema di riferimento in rotazione rispetto ad un sistema di riferimento inerziale. Velocità ed accelerazione relative. Forze inerziali di trascinamento, centrifuga, di Coriolis. Moti rispetto alla terra. Sistemi di riferimento inerziali. Relatività galileiana. Cenni alla teoria della relatività ristretta.

6) *Lavoro ed energia:*

Lavoro, potenza, energia cinetica. Esempi: lavoro della forza peso, lavoro di una forza elastica, lavoro di una forza di attrito radente. Teorema delle forze vive. Forze conservative, energia potenziale. Conservazione della energia meccanica. Forze centrali.

7) *Oscillatore armonico:*

Cenni alle proprietà dell'equazione differenziale dell'oscillatore armonico, energia dell'oscillatore armonico. Somma di moti armonici sullo stesso asse, somma di moti armonici su assi ortogonali. Cenni all'oscillatore armonico forzato.

8) *Dinamica dei sistemi di punti:*

Principio di azione e reazione. Conservazione della quantità di moto e del momento angolare. Centro di massa di un sistema di punti. Teoremi del moto del centro di massa. Teorema di König. Il teorema dell'energia. Urti tra due punti materiali, urto completamente anelastico, urto elastico. Definizione di corpo rigido. Dinamica del corpo rigido, moto di un corpo rigido, rotazioni rigide attorno ad un asse fisso. Momento d'inerzia, teorema di Huygens-Steiner. Pendolo composto, giroscopi. Cenni di statica.

9) *Interazioni fondamentali in natura:*

Interazione gravitazionale, legge di Newton. Massa inerziale e massa gravitazionale. Energia potenziale gravitazionale. Teorema di Gauss. Distribuzione sferica di massa. Interazione elettromagnetica. Interazione elettrodebole e forte.

10) *Cenni di statica e dinamica dei fluidi:*

Pressione, equilibrio statico di un fluido, equilibrio in presenza della forza peso. Principio di Archimede. Viscosità. Moto di un fluido. Regime stazionario. Portata. Teorema di Bernoulli. Moto laminare e moto vorticoso. Numero di Reynolds. Cenni ai fenomeni di superficie. Cenni alle forze di coesione e adesione. Fenomeni di capillarità.

11) *Introduzione alla termodinamica:*

Sistemi e stati termodinamici, equilibrio termodinamico. Definizione di temperatura. Misura della temperatura. Esperimenti di Joule.

12) *Il primo principio della termodinamica:*

Lavoro e calore. Energia interna. Trasformazioni termodinamiche. Processi isotermici. Capacità termica. Cenni sulla conduzione del calore e sui cambiamenti di fase. Dilatazione termica di solidi e liquidi.

13) *Gas ideali e reali:*

Equazione di stato dei gas. Trasformazioni di un gas. Lavoro e calore. Calori specifici. Trasformazioni cicliche. Gas reali. Equazione di stato. Energia interna. Diagrammi pV.

Diagrammi pT. Cenni di teoria cinetica dei gas ideali e reali. Significato cinetico di temperatura e calore.

14) *Secondo principio della termodinamica:*

Enunciati del secondo principio della termodinamica, reversibilità ed irreversibilità. Macchine termiche, lavoro e rendimento. Teorema di Carnot. Temperatura termodinamica assoluta.

15) *Entropia:*

Teorema di Clausius e concetto di entropia. La funzione di stato entropia, entropia del gas ideale. Entropia ed energia inutilizzabile. Entropia e probabilità.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

M. ALONSO - E. FINN, *Elementi di fisica per l'università*, vol. 1, Addison Wesley.

R. BLUMM - D.E. ROLLER, *Fisica I*, Zanichelli, Bologna.

D. HALLIDAY - R. RESNICK, *Fisica I*, CEA, Milano.

P. MAZZOLDI - M. NIGRO - C. VOCI, *Fisica*, vol. 1, SES, Napoli.

S. ROSATI, *Fisica generale 1*, CEA, Milano.

P. VERONESI - E. FUSCHINI, *Fondamenti di meccanica classica*, CLUEB, Bologna.

M.W. ZEMANSKY et al., *Fondamenti di termodinamica per Ingegneri*, Zanichelli, Bologna.

FISICA GENERALE II

Docente: **Stefano Zucchelli** ric. conf.

Complementi di calcolo vettoriale:

Concetto di campo scalare e vettoriale. Linee di forza, sorgenti, derivata direzionale e gradiente. Campi conservativi. Flusso e teorema della divergenza. Campi solenoidali. Rotazionale e teorema di Stokes. Operatori differenziali.

Elettrostatica:

Legge di Coulomb, definizione di campo e potenziale elettrico, legge di Gauss, dipolo elettrico. Conduttori all'equilibrio elettrostatico. Definizione di capacità, condensatori, energia del campo elettrico. Cenni alle proprietà elettriche della materia, i dielettrici.

Corrente elettrica continua:

Definizione di corrente elettrica, densità di corrente, legge di Ohm, legge di Ohm in forma locale, effetto Joule. Concetto di forza elettromotrice. Cenni alle reti in corrente continua, leggi di Kirckoff.

Interazione magnetica:

Il campo magnetico, la forza di Lorentz, moto di una carica elettrica in un campo magnetico.

Magnetostatica:

Campi magnetici e correnti elettriche, campo prodotto da un filo indefinito percorso da corrente. Prima e seconda formula di Laplace, legge di Ampere e teorema di Gauss per il campo magnetico, campi magnetici prodotti da spire percorse da corrente, il solenoide, il dipolo magnetico, interazioni tra correnti, definizione di Ampere nel S.I. Cenni alle proprietà magnetiche della materia.

Campi elettromagnetici dipendenti dal tempo:

Legge dell'induzione di Faraday, legge di Lenz. Conservazione della carica elettrica, equazione di continuità, corrente di spostamento ed equazioni di Maxwell.

Campi quasi statici:

Autoinduttanza e mutua induttanza, energia del campo magnetico. Transitori in circuiti RL e RC. Principio di funzionamento di alcuni strumenti per misure elettriche: ponte di Wheatston, amperometro e galvanometro a bobina mobile, elettrodinamometri, voltmetro. Cenni ai circuiti in corrente alternata, il trasformatore.

Moti ondulatori:

Definizione di moto armonico semplice, composizione di M.A.S. con il metodo dei fasori. Onde progressive, onde armoniche, onde piane.

Onde elettromagnetiche e loro propagazione nel vuoto:

Le equazioni di Maxwell nel vuoto. Il vettore di Poynting e il teorema dell'energia. Energia e impulso trasportati da un'onda e.m. Pressione di radiazione. Lo spettro e.m., cenni alla produzione di onde e.m., cenni alla polarizzazione.

Ottica geometrica:

Leggi della riflessione e rifrazione. Specchi, diottri piani e sferici, lenti, prismi. Principio di funzionamento di alcuni strumenti ottici: il cannocchiale, il microscopio, l'occhio umano. Fibre ottiche. Cenni alle aberrazioni cromatiche e sferiche. Principio di Huygens, leggi della riflessione e rifrazione. Interferenza, sorgenti coerenti, interferenza prodotta da due o più sorgenti coerenti. Interferenza in film sottili. Diffrazione, potere risolutore di una fenditura.

Esame: scritto e orale.

FONDAMENTI DI INFORMATICA

Docente: **Paolo Tiberio** prof. ord.

Sistemi per l'elaborazione dell'informazione: architettura di un elaboratore, unità di memoria, ruolo del sistema operativo, file system. Sistema di numerazione, rappresentazione dell'informazione numerica e non numerica.

Linguaggi di programmazione: sintassi e semantica; compilatori e interpreti; algoritmi: progetto, definizione e verifica di correttezza, iterazione e ricorsione, programmazione strutturata.

Principi di progettazione dei programmi, criteri per l'analisi dei requisiti, la modularizzazione, il raffinamento e la documentazione. Introduzione alla teoria della computabilità: classi di problemi, complessità computazionale.

Il linguaggio Pascal: organizzazione dei programmi, funzioni e procedure, strutture di controllo, strutture dati. Progetto e realizzazione di algoritmi. Elaborazione di vettori e matrici. Algoritmi su matrici e su sistemi di equazioni. Algoritmi di ricerca e ordinamento: ricerca binaria, bubblesort, quicksort, mergesort.

Tipi di dati astratti: liste, liste ordinate, pile, code, alberi, alberi binari di ricerca.

Backtracking: il problema delle otto regine, il problema delle bisacce (problema knapsack).

Strutture dati in memoria secondaria progetto ed utilizzo di files sequenziali e ad accesso diretto. Operazioni di selezione, proiezione e join su files. Algoritmi di ricerca, modifica e ordinamento su tabelle e testi.

Introduzione al linguaggio C.

Esercitazioni di laboratorio in Pascal e C.

Strumenti di laboratorio: sistema operativo MS-DOS, Windows95, ambiente di programmazione Turbo Pascal e C per Windows.

L'esame è composto da una prova scritta, e da una pratica di progetto e programmazione di laboratorio.

Testi di riferimento:

Sono disponibili in fotocopia appunti informali rilasciati dal docente.

S. BERGAMASCHI, C. SARTORI, M.R. SCALAS, *Fondamenti di Informatica*, seconda edizione, Progetto Leonardo, Bologna, 1996.

Testi di consultazione

R. DROMEY, *Algoritmi Fondamentali*, Jackson, 1990.

M. LENZERINI, P. ATZENI, *Progetto di Programmi in Pascal*, CLUP, Milano, 1988.

GEOMETRIA E ALGEBRA

Docente: Luigi Grasselli prof. ord.

Algebra lineare

Relazioni e funzioni - Operazioni e strutture algebriche: gruppi, anelli, campi.

Matrici - Anello delle matrici quadrate - Matrici ortogonali - Determinante - Trasformazioni elementari sulle matrici e calcolo del determinante mediante riduzione a forma triangolare - Teorema di Laplace - Matrici regolari; inversa di una matrice regolare.

Spazi e sottospazi vettoriali - Sistemi di generatori - Lineare dipendenza - Basi - Dimensione di uno spazio vettoriale (finitamente generato) - Componenti di un vettore - Sottospazi intersezione e somma: relazione di Grassmann.

Trasformazioni lineari e loro proprietà - Isomorfismi - Nucleo e immagine di una trasformazione lineare: equazione dimensionale - Matrici associate a trasformazioni lineari - Rango di una matrice: teorema di Kronecker - Cambiamenti di base.

Sottospazi affini di spazi vettoriali - Sistemi lineari - Teorema di Rouchè-Capelli - Sistemi lineari normali: teorema di Cramer - Algoritmi di risoluzione dei sistemi lineari - Rappresentazione cartesiana e parametrica dei sottospazi vettoriali.

Richiami sulle equazioni algebriche: molteplicità di una radice, teorema fondamentale dell'algebra - Matrici simili - Autovalori e autovettori di un endomorfismo - Polinomio caratteristico - Molteplicità algebrica e geometrica di un autovalore - Endomorfismi semplici - Diagonalizzabilità (per similitudine) di una matrice.

Spazi affini ed euclidei

Spazi affini - Vettori liberi - Dipendenza affine - Sottospazi affini e loro giacitura - Parallelismo - Affinità - Riferimenti affini e baricentrici - Cambiamenti di riferimento - Rappresentazioni dei sottospazi affini - Condizioni di parallelismo - Fasci di iperpiani - Orientazione degli spazi vettoriali ed affini reali - Semispazi e segmenti - Convessità e semplici - Simmetrie.

Distanze, norme, prodotti scalari - Spazi vettoriali euclidei - Basi ortogonali e ortonormali - Ortogonalità tra sottospazi - Matrice e determinante di Gram.

Spazi euclidei - Riferimenti cartesiani - Ortogonalità tra sottospazi euclidei - Distanza euclidea; distanza tra sottospazi - Similitudini e uguaglianze; classificazione dei movimenti in dimensione uno, due e tre - Aree e volumi.

Spazi proiettivi e teoria delle quadriche

Spazi e sottospazi proiettivi - Proiettività - Riferimenti proiettivi - Rappresentazione di sottospazi proiettivi - Carte affini su uno spazio proiettivo - Ampliamento proiettivo di uno spazio affine - Punti impropri: coordinate omogenee e non omogenee.

Forme bilineari: rappresentazione matriciale - Forme quadratiche - Matrici congruenti - Diagonalizzabilità per congruenza - Diagonalizzabilità delle matrici simmetriche reali - Forme canoniche in campo complesso - Indice e sigla: forme canoniche in campo reale - Criterio di Sylvester.

Quadriche - Supporto e vertice - Punti coniugati e polarità - Rette e piani tangenti - Classificazione proiettiva ed affine di coniche e quadriche reali complesse - Centro e

iperpiani diametrali - Proprietà di simmetria - Assi ed iperpiani principali - Quadriche di rotazione - Circonferenze e sfere - Equazioni canoniche e classificazione euclidea - Fuochi di una conica - Fasci di coniche.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

- C. GAGLIARDI - L. GRASSELLI, *Algebra lineare e Geometria*, Volumi I, II, III, Ed. Esculapio, Bologna.
- L. CAVALIERI D'ORO - L. GUALANDRI, *Esercizi di Algebra e Geometria*, Volumi I, II, III, Ed. Esculapio, Bologna.

1577

GESTIONE AZIENDALE (vedi 07)

GESTIONE DEGLI IMPIANTI INDUSTRIALI

11165

GESTIONE DELL'ENERGIA (vedi 07)

GESTIONE DELL'INNOVAZIONE E DEI PROGETTI (vedi 07)

Esame: scritto e orale.

IMPIANTI INDUSTRIALI (vedi 09)

Esame: scritto e orale.

10269

LOGISTICA INDUSTRIALE (vedi 09)*Esame:* scritto e orale.

4313

MACCHINE (vedi 07)

687

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE (vedi 07)**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 - Coppie - Vettori funzione - Operatori matriciali - 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 infinitesimi, 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 - Elissoide 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

Principi di inerzia - Principio di proporzionalità tra 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.

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'interno di una posizione di equilibrio stabile.

Analisi qualitativa del moto

Stabilità e stabilità asintotica - Teorema di Lyapunov - Teorema di Dirichlet - Ritratto di fase per sistemi autonomi - Classificazione dei punti di equilibrio - Stabilità non lineare - Equazioni di Volterra-Lotka ed equazione delle specie in competizione.

Aspetti numerici

Introduzione all'uso di Matlab - Applicazioni numeriche di calcolo vettoriale e matriciale - Applicazioni di cinematica - Metodi di integrazione numerica ed applicazioni alla dinamica - Esempi di ritratti di fase e di moti centrali.

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.~~

Modalità dell'esame: scritto e orale.

Validità prove scritte: appello.

10416

ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E DEI SISTEMI LOGISTICI (vedi 09)

Esame: scritto e orale.

884

RICERCA OPERATIVA

Docente: **Silvano Martello** prof. ord.

Introdurre le teorie e le metodologie algoritmiche per la soluzione dei problemi decisionali che si presentano, in ambito sociale ed industriale, quando si debbono gestire e coordinare in modo ottimale attività e risorse disponibili in quantità limitata.

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 semplice: 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 semplice 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 «knapsack» 0-1.

4. Teoria dei grafi

— Definizioni fondamentali.

— Alberi e cammini minimi: algoritmi di Prim e Dijkstra.

— 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, 1996.

S. MARTELLO, D. VIGO, *Esercizi di Simulazione Numerica*, Esculapio, 1996

M. GAREY, D. JOHNSON, *Computers and Intractability: a Guide to the Theory of NP-Completeness*, Freeman, 1979.

C. PAPADIMITRIOU, 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.

Validità delle prove scritte: due sessioni.

Indirizzo delle *Tesi di Laurea*: problemi di ottimizzazione combinatoria.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Docente: **Antonio Di Leo** prof. ass.

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: prestazioni cinematiche e statiche - sistemi labili, isostatici ed iperstatici - sistemi staticamente impossibili, determinati ed indeterminati - sistemi piani di travi: caratteristiche di sollecitazione e loro equazioni indefinite; studio analitico e grafico, curva delle pressioni - strutture reticolari piane.

Geometria delle masse - Sistemi discreti: baricentro e momenti statici - sistemi continui: baricentro, momenti statici, momenti d'inerzia, momenti d'inerzia rispetto ad assi paralleli (teorema di Huyghens), teorema del trasporto per il momento centrifugo, leggi di variazione del momento d'inerzia rispetto ad assi di direzione variabile, 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 - componenti di deformazione e loro significato fisico - reciprocità degli spostamenti - componenti e direzioni principali - coefficiente di dilatazione cubica - deviatore di deformazione - misura di dilatazioni lineari specifiche mediante estensimetri elettrici a variazione di resistenza.

Analisi della tensione - Tensione - tensore degli sforzi: componenti e direzioni principali - deviatore degli sforzi - equazioni indefinite di equilibrio - cerchi di Mohr - stati biassiali 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 - stato elastico lineare di materiali isotropi - il problema dell'equilibrio per i solidi in stato elastico lineare: principio di sovrapposizione degli effetti ed unicità della soluzione (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 - Formulazione del problema - casi di sollecitazione semplice nelle travi - sforzo normale centrato - flessione retta - sforzo normale eccentrico - torsione: sezione circolare, sezioni sottili aperte, sezioni sottili cave - taglio-flessione: trattazione di Jourawski, centro di taglio.

Criteri di 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, Pàtron Ed., Bologna, 1981.
- A. DI TOMMASO, *Fondamenti di Scienza delle Costruzioni*, Parte II, Pàtron Ed., Bologna 1993.
- E. VIOLA, *Esercitazioni di Scienza delle Costruzioni/1 - Strutture isostatiche e geometria delle masse*, Pitagora Ed., Bologna, 1993.
- E. VIOLA, *Esercitazioni di Scienza delle Costruzioni/2 - Strutture iperstatiche e verifiche di resistenza*, Pitagora Ed., Bologna, 1993.
- G. PASCALE, *Scienza delle Costruzioni - Esercizi d'esame svolti*, Prog. Leonardo, Bologna, 1993.

Propedeuticità: Meccanica Razionale.

11712

SISTEMI DI CONTROLLO DI GESTIONE (vedi 07)

Esame: scritto e orale.

SISTEMI INFORMATIVI I (vedi informaz.)

11173

STUDI DI FABBRICAZIONE (vedi 09)

7433

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 effettuarne il controllo in ambiente abitativo, di lavoro ed esterno, nonché i riferimenti normativi di base. Per le diverse tecniche di controllo vengono esplicitati i metodi progettuali ed evidenziati i problemi di carattere gestionale.

Programma 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 TERMOIGROMETRICO — Il metabolismo del corpo umano. Scambi combinati di calore e di massa tra corpo umano e ambiente. Le equazioni di Fanger. La zona di benessere secondo Ashrae. Grado di soddisfacimento del benessere termoigrometrico. Tollerabilità dello stress termico. La qualità dell'aria negli spazi confinati. Misura dei parametri ambientali.

CONSEGUIMENTO PASSIVO DEL BENESSERE AMBIENTALE — Condensazione superficiale. Condensazione interstiziale. Ventilazione naturale degli ambienti confinati. Bilancio termoigrometrico degli ambienti confinati. Analisi termoigrometrica delle strutture trasparenti. Il ricambio d'aria per espellere gli inquinanti ambientali: calore, umidità, gas, odori.

ELEMENTI DI IMPIANTISTICA PER IL BENESSERE AMBIENTALE — Schemi generali: riscaldamento e climatizzazione. Leggi e normative di settore. Componentistica di base: caldaie, gruppi frigoriferi, terminali d'impianto, torri evaporative, condensatori ad aria, condizionatori d'aria, sistemi ad energia totale ed a recupero. Impiantistica di benessere ed ambiente esterno.

Elementi di acustica

ACUSTICA FISICA E PSICOFISICA — Il fenomeno sonoro. La propagazione per onde piane, cilindriche, sferiche. La misura e la valutazione dei parametri acustici. L'udito e l'apparato uditivo. Valutazione della sensazione sonora.

ACUSTICA APPLICATA — Acustica psicofisica: disturbo e danno da rumore. Propagazione attraverso mezzi continui e discontinui. Riflessione, rifrazione, diffrazione del suono. L'assorbimento del suono. Il tempo di riverberazione. La trasmissione del suono. Analisi acustica delle pareti semplici e composte. Le barriere acustiche. Modelli matematici previsionali.

Elementi di illuminotecnica

FISICA DELL'ILLUMINAZIONE — Il fenomeno luminoso. La propagazione della luce. Le grandezze 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.

**SETTORE DELL'INGEGNERIA DELLA INFORMAZIONE: CORSI DI LAUREA IN
INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI, IN INGEGNERIA ELETTRONICA,
IN INGEGNERIA INFORMATICA**

11131

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 «progettazione orientata al collaudo» 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.

1352

ANALISI MATEMATICA I

Docenti: **Silvano Matarasso** prof. ord.

S. Abenda ricerc.

Giovanna Citti prof. ass.

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} , $\bar{\mathbf{R}}$, \mathbf{R}^n). Successioni a valori in $\bar{\mathbf{R}}$, 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 $\bar{\mathbf{R}}$ 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 $\bar{\mathbf{R}}$; **limite di funzioni da $\bar{\mathbf{R}}$ in $\bar{\mathbf{R}}$** : 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. $\mathbf{B}(\mathbf{A}, \mathbf{R})$ delle funzioni definite in \mathbf{A} e a valori reali, limitate (norma del sup.): significato della convergenza in \mathbf{B} ; sottospazio di \mathbf{B} costituito dalle funzioni continue su \mathbf{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; compor-

tamento 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.

Esame: scritto e orale.

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. SALSA, *Analisi Matematica I*, Masson, Milano, 1991.

C. RAVAGLIA, *Analisi matematica I*, CUSL, Bologna.

1356

ANALISI MATEMATICA II

Docenti: **Silvano Matarasso** prof. ord.

M. Longinetti 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

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. 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.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

L. CEROFOLINI, *Calcolo, Corso di Analisi Matematica II p.*, Patron, 1974.

H. FLANDERS, *Differential forms with applications to the physical sciences*. Academic Press, 1963.

E. GIUSTI, *Analisi matematica II*, Ed. Boringhieri, Torino.

A. FAVINI, E. LANCONELLI, E. OBRECHT, C. PARENTI, *Esercizi di Analisi matematica II (R^n continuità, Differenziabilità, Equazioni differenziali, Integrazione)*, CLUEB, Bologna.

B. DEMIDOMICH, *Esercizi e problemi di Analisi matematica II*, Ed. Riuniti, Roma.

6372

ANALISI MATEMATICA III

Docenti: **Giulio Cesare Barozzi** prof. ord. (A-K)

Davide Guidetti prof. ass. (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. Analicità 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.

Esame: scritto e orale.

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).

Propedeuticità consigliate: Analisi Matematica I e II, Geometria e Algebra.

4524

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 multigrid. 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.

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

Testi consigliati:

Verranno consigliati testi e fornito 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 oral.

4117

ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI (vedi 09)

11132

ARCHITETTURE DEI SISTEMI INTEGRATIDocente: **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 architettureali che hanno portato ai sistemi di calcolo odierni e per guidare in scelte progettuali autonome a livello architettureale.

*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 architettureali.

Esame del sistema di memoria in alcuni processori recentemente presentati in letteratura.

Esame: scritto e orale.

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*.

1679

AUTOMAZIONE E ORGANIZZAZIONE SANITARIA

Docente: **Claudio Lamberti** ricerc.

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 dei test diagnostici.

2. Ingegneria Clinica.

La gestione delle tecnologie nei presidi sanitari. L'inventariazione e la manutenzione delle apparecchiature. L'ingegnere clinico ed il tecnico biomedico: attività e competenze. L'ingegneria clinica in Italia e nel mondo: alcune esperienze significative.

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 automazione. Indicatori sanitari. Criteri ed esempi per il dimensionamento di alcuni servizi sanitari. Diagnosis Related Groups (DRG) e loro utilizzo.

*Visita guidata presso alcune strutture sanitarie cittadine.
Seminari tenuti da esperti esterni.*

Testi consigliati:

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.

10411

AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

Docente: **G. Masotti**

Organizzazione di impresa e processi 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

studiano 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.

7940

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 «clearance» 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 calcolatore consistenti nella soluzione di problemi, nella messa a punto e impiego di semplici programmi per la simulazione di esperimenti fisiologici e clinici.

Esame: scritto e orale.

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, 3^a edizione italiana dalla 6^a americana a cura di A. Curatolo e P. D'Arcangelo.

10412

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, fluidi 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-circolazione. 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.

11133

BIOINGEGNERIA III ✕

Docente: Enzo Belardinelli prof. ord.

L'insegnamento si propone di fornire le conoscenze di base per l'analisi della classe dei sistemi naturali a significativa connotazione biologica e gli strumenti per interpretarne ed, eventualmente, modificarne la dinamica negli aspetti che maggiormente influiscono sulla vita degli organismi.

L'approccio seguito è di tipo modellistico con particolare riferimento all'aspetto metodologico della modellistica matematica. I metodi del *model making* sono applicati a significativi problemi biologici, i cui modelli — dai più semplici ai più complessi — sono presentati e discussi criticamente.

Allo scopo di fornire una visione esauriente delle problematiche biologiche e delle potenzialità dello strumento modellistico, l'insegnamento prende in esame sistemi di popolazioni interagenit, l'interazione tra organismo ed ambiente, la fisiologia di alcuni apparati degli organismi superiori. Le problematiche generali di tipo interdisciplinare — come la complessità, il caos, le reti neuronali — emergenti dai singoli argomenti sono oggetto di sintetica trattazione.

Le conoscenze di base negli insegnamenti precedenti sono generalmente sufficienti per affrontare gli argomenti sopraccennati; su alcuni aspetti specifici di carattere matematico saranno svolte lezioni complementari, inserite nel contesto della trattazione.

Programma

Parte I - Concetti generali

1. Modellistica matematica

Breve storia dei modelli. Teoria e modelli. Struttura logica della costruzione dei mo-

delli. Approssimazione ed errori di modello. Rapporto tra modellistica e sperimentazione. Assegnamento dei parametri, metodi indiretti e diretti. Bilanci di massa e di energia. Modelli compartimentali.

2. Concetti biologici di base

Funzioni biologiche fondamentali (nutrizione, metabolismo, riproduzione, adattamento). Fattori condizionanti lo sviluppo di un singolo organismo e di una popolazione in ambiente terrestre ed acquatico. Interazioni tra popolazioni (predazione, competizione, commensalismo, simbiosi). Migrazione. Fattori abiotici influenti sulla vita degli organismi (energia solare, pressione, temperatura, composizione chimica dell'ambiente).

Parte II - Modelli di sistemi biologici

1. Dinamica delle popolazioni

Crescita logistica. Sistemi di due popolazioni interagenti: equazioni di Volterra. Richiami e complementi di meccanica nonlineare (punti di equilibrio, cicli limite, attrattori strani). Sistemi di tre popolazioni interagenti. Cenni al caso generale di n popolazioni interagenti.

2. Interazione organismi-ambiente

Introduzione dei fattori abiotici nei modelli precedenti. Flussi di energia in un ecosistema: modello di Odum e Patten. Cinetiche batteriche in un sistema acquatico: modello di Streeter e Phelps. Equazioni del trasporto e della diffusione, metodo delle caratteristiche. Generalizzazione del modello di S. e P.: modello di Stehfest. Rapporti sensoriali degli organismi superiori con l'ambiente. Sistema senso-psico-motorio. Reazione dell'organismo a stimoli ambientali di carattere fisico-chimico.

3. Caratteri funzionali degli organismi superiori

Elementi di struttura anatomo-funzionale degli organismi superiori. Neuroni e sistema nervoso. Modello del neurone di Hodgkin-Huxley. Sinapsi. Recettori. Neuroni artificiali e reti neuronali. Modelli matematici dei controlli cardiovascolari.

L'insegnamento è integrato da *esercitazioni* su problemi di raccolta dati, di simulazione e di identificazione parametrica.

Testi di studio o di consultazione:

Appunti del docente.

A. MAYNARD SMITH, *Models in Ecology*, Cambridge Un. Press, 1979.

S. MARSILI-LIBELLI, *Modelli matematici per l'ecologia*, Pitagora Ed., 1989.

J.L. CASTI, *Alternate Realities. Mathematical models of Nature and Man*, J. Wiley, 1989.

G. CASATI, *Il caos*, Le Scienze Ed., 1990.

G. ZANARINI, R. SERRA, *Tra ordine e caos*, CLUEB, 1986.

S. RINALDI, H. STEHFEST e al., *Modelling and Control of River Quality*, Mc Graw Hill N.Y. 1979.

J. GUCKENHEIMER, P. HOLMES, *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems and Bifurcation of Vector Fields* Springer-Verlag, 1986.

10383

CALCOLATORI ELETTRONICI IDocenti: **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.

Esame: scritto e orale.

Testo consigliato:

M. DE BLASI, *Sistemi per l'elaborazione dell'informazione. Architettura dei calcolatori*, ed. Laterza.

10384

CALCOLATORI ELETTRONICI IIDocente: **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.

Esame: scritto e orale.

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.

7941

CAMPI ELETTROMAGNETICI

Docenti: **Giancarlo Corazza** prof. ord. (A-K)

Vittorio Rizzoli prod. ord. (L-Z)

Finalità dell'insegnamento:

Introduzione ai fenomeni fisici che sono alla base dei sistemi di telecomunicazioni e alla loro descrizione matematica.

*Programma**Parte I (Campi elettromagnetici):*

Equazioni di Maxwell, teorema di Poynting, teorema di unicità per vettori istantanei e per vettori complessi. Equazioni delle onde e di Helmholtz.

Onde piane.

Potenziali elettromagnetici. Espressioni generali in funzione delle correnti impresse e delle condizioni al contorno.

Sorgenti elementari. Momento equivalente di una sorgente estesa.

Grandezze caratteristiche della radiazione.

Schiere d'antenne: generalità; schiere uniformi.

Onde guidate: impostazione del problema; modi TE, TM, TEM; guide d'onda rettangolari.

Parte II (Circuiti):

Linee di trasmissione; carta di Smith; adattatori d'impedenza.

Analisi delle reti lineari: n-porte, loro descrizione e connessioni; reti elettriche a n-porte; matrici topologiche; risoluzione delle reti; frequenze proprie e stabilità.

Analisi di bipoli passivi; proprietà generali delle funzioni riflettanza e immettanza.

Sintesi di bipoli passivi: preambolo di Foster; sintesi di funzioni di reattanza; cenni sulle sintesi di bipoli contenenti resistori.

Testi consigliati:

G.C. CORAZZA, *Fondamenti di campi elettromagnetici e circuiti*, 2 volumi.

Esami orali (Teoria e risoluzione di esercizi).

Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica I, Complementi di matematiche, Elettronica applicata I.

X 1361

CHIMICA

Docenti: **Flavio Zignani** prof. ord. (A-D) (Elettrici)

Marino Poloni prof. ass. (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. Unsità 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 incidono 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. MANARESI, 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.

7942

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, che per altro può essere considerato anche come base culturale a sé stante; è strettamente coordinato con l'insegnamento di Elettronica dello Stato Solido, del quale costituisce una premessa fortemente consigliata.

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 proposti: fotoni, ipotesi di Bohr, ipotesi di de Broglie. Interpretazione delle esperienze di Bragg, Davisson-Germer e di Stern-Gerlach. Discussione 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 rappresenta-

zioni (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. Limite classico della Meccanica Quantistica.

C) Teoria dei momenti angolari e della simmetria

Rotazioni: trattazione classica e quantistica. Operatori di momento angolare: autovetori, 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 (strutture fini ed 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. Superficie di Fermi e densità dei livelli. Teorema di Bloch e condizioni al contorno, equazione di Schrödinger nello spazio dei momenti, livelli elettronici in un potenziale periodico, livelli energetici vicino ad un piano di Bragg, struttura a bande. 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:

J.J. SAKURAI, *Meccanica Quantistica Moderna*, ed. Zanichelli.

C. COHEN-TANNOUDJI, D. DIU, F. LALOË, *Quantum Mechanics*, ed. Wiley.

N.W. ASHCROFT, N.D. MERMIN, *Solid-State Physics*, ed. Holt-Saunders International.

COMUNICAZIONI ELETTRICHE

Docenti: **Leonardo Calandrino**, prof. ord.
Carlo Caini, ricerc.

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 nel dominio delle frequenze (Analisi di Fourier) e nel dominio dei tempi. Sue applicazioni allo studio dei sistemi lineari. Condizioni di non distorsione. Il concetto di filtro elettrico. Analisi delle funzioni aleatorie.

Segnali analogici e segnali numerici di tipo passa-basso. Diverse tecniche di codifica e di compressione dei segnali: PCM, DPCM, codifica a blocchi (quantizzazione vettoriale e mediante trasformate), lo standard MPEG. La multimedialità.

Segnali passa-banda (Teoria della modulazione). Diverse leggi di modulazione di una portante sinusoidale: AM, QAM, PM, FM, CPM. Metodi di modulazione multiportante: OFDM.

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). La distribuzione dei segnali: DAB, DVB, VOD.

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.

C. CAINI, C. RAFFAELLI, *Laboratorio di Comunicazioni Elettriche*, Pitagora Ed., Bologna.

B. SKLAR, *Digital Communications, Fundamentals and Applications*, Prentice Hall.

Articoli integrativi suggeriti durante l'insegnamento.

Propedeuticità consigliate: Analisi matematica III, Elettrotecnica.

CONTROLLI AUTOMATICIDocenti: **Eugenio Sarti** prof. ord. (Elettron. e Telecom. A-K)**Gloria Capitani** prof. ass. (Elettron. e Telecom. 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: teorema 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*, Pàtron, 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.

3694

CONTROLLI AUTOMATICI I

Docente: Giovanni Bertoni prof. ord.

Le finalità dell'insegnamento sono le seguenti:

- presentare i fondamenti della teoria del controllo e, in particolare, le tecniche di analisi e sintesi sulle quali si basa la progettazione dei sistemi di controllo di retroazione di tipo SISO

— presentare i più importanti componenti dei sistemi di controllo e le loro modalità di funzionamento in regime dinamico.

Programma

Generalità: Cenni storici. Che cos'è l'automazione. Esempi di controlli automatici.

Modelli matematici: Tecniche di identificazione. Modelli matematici dei sistemi lineari e stazionari: equazioni (e sistemi di equazioni) differenziali, la funzione di trasferimento, la funzione di risposta impulsiva, integrali di convoluzione.

Analisi nel dominio dei tempi: Sistemi del primo e del secondo ordine.

La funzione di risposta armonica: Definizione e sue rappresentazioni: diagrammi polari, diagrammi di Bode. La formula di Bode.

Analisi armonica: Criteri di stabilità: Routh e Nyquist. Errori a regime. Margini di ampiezza e di fase. Luoghi a M e a N costante: picco di risonanza e larghezza di banda.

Il metodo del luogo delle radici. Regole di costruzione. Proprietà. Esempi.

Sintesi nel dominio delle frequenze: Reti correttrici di tipo anticipo, ritardo, anticipo-ritardo. Regolatori standard. Retroazione tachimetrica.

Sistemi di retroazione non lineari: La funzione descrittiva. Il criterio del cerchio e di Popov.

Componenti dei sistemi di controllo: motori elettrici in c.c. e in c.a. Amplificatori di potenza e convertitori statici. Trasduttori.

Esame: prova scritta e orale.

Esercitazioni: sono inserite nello svolgimento della parte teorica cui si riferiscono.

Propedeuticità consigliate: Teoria dei sistemi, Elettrotecnica.

Testi consigliati:

- 1) G. MARRO, *Controlli automatici*, Zanichelli, Bologna, 1987.
- 2) G. BERTONI, M.E. PENATI, *I sistemi di controllo*, Zanichelli, Bologna, 1989.
- 3) M.E. PENATI, *Controlli automatici*, Ed. Esculapio, Progetto Leonardo, Bologna, 1991.

3695

CONTROLLI AUTOMATICI II

Docente: **Marco Tibaldi** prof. ass.

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. Co-localizzazione 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.

L'*esame* consiste in una prova scritta con validità limitata all'appello e una orale.

Le *esercitazioni* sono 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.

4126

CONTROLLO DEI PROCESSIDocente: **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.

Lo svolgimento della prova di *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 che si devono richiamare).

Le *esercitazioni* sono 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.

Indirizzo delle *Tesi di Laurea*:

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.

251

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

Docente: **Mariolina Longo** ricerc. (inc.) (Inform. A-K)

Alessandro Grandi prof. ass. (Informaz. L-Z)

L'insegnamento vuole fornire le conoscenze necessarie per comprendere le variabili economico-organizzative che influenzano la gestione dell'impresa. Dopo aver introdotto

gli elementi fondamentali dell'analisi microeconomica e i principali strumenti economico-finanziari per l'analisi dei fenomeni e per le decisioni, si tratteranno i seguenti argomenti di natura gestionale: il posizionamento competitivo, la formulazione delle strategie, il ruolo delle variabili organizzative, le principali decisioni inerenti le attività di ricerca e sviluppo, marketing, produzione e gestione dei materiali.

Programma

L'insegnamento si articola nelle seguenti parti:

1. Analisi microeconomica e di settore

Microeconomia e macroeconomia. il funzionamento dell'economia di mercato e le strutture di mercato. L'impresa nell'economia aziendale. Il settore industriale, definizione e individuazione delle principali caratteristiche. Uno schema operativo di analisi della concorrenza e di settore.

2. I modelli di analisi e valutazione 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 finanziarie, attualizzazione e capitalizzazione. Modelli per l'analisi e la valutazione degli investimenti.

3. Le decisioni gestionali

Catena del valore, vantaggio competitivo e strategia aziendale. Le strategie competitive di base. La segmentazione del mercato e il posizionamento dell'impresa. 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). L'organizzazione aziendale. Le variabili e le scelte di progettazione organizzativa. le principali configurazioni organizzative.

Testi consigliati:

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

L. BRUSA, *Strutture organizzative d'impresa*, Giuffrè, Milano 1986 (esclusi capp. 5 e 7).

G. DONNA, *L'impresa competitiva*, Giuffrè, Milano 1992.

R.A. BREALEY, S.C. MYERS, *Finanza aziendale*, McGraw Hill, Milano 1993 (capp. 2-3-5-6).

M. RISPOLI, *L'impresa industriale*, Il Mulino, Bologna 1989 (capp. 4-7).

Per la preparazione della prova scritta utili riferimenti con esercizi svolti sono in:

G. AZZONE, *Economia e organizzazione aziendale: esercizi*, Città Studi, 3^a ed., Milano 1992 (esclusi gli esercizi nn. 1.7 - 1.8 - 1.14 - 1.20 - 2.4 - 2.8 - 2.13 dal 3.13 alla fine).

Una raccolta dei testi delle prove scritte assegnate negli ultimi appelli è disponibile presso il centro riproduzione della Facoltà.

Modalità d'esame

L'esame prevede una prova scritta (esercizio/i sulla seconda parte del programma) e una prova orale. Il superamento della prova scritta consente di accedere ad una delle prove orali della medesima sessione d'esami o di quella successiva. Sia la prova scritta che la prova orale possono essere ripetute nella medesima sessione d'esami, nel caso della prova scritta rinunciando all'eventuale risultato positivo già conseguito, nel caso della prova orale ripetendo anche la prova scritta.

11134

ELABORAZIONE DI DATI E SEGNALI BIOMEDICIDocente: **Mauro Ursino** ricerc.

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.

i) *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).

ii) *Il progetto dei filtri numerici.* Definizione delle specifiche del filtro. Caratteristiche dei filtri IIR: i filtri di Butterworth, Chebyshev e ellittici. Il progetto dei filtri IIR con il metodo dell'invarianza all'impulso e con la trasformazione bilineare. Caratteristiche dei filtri FIR e loro progetto con il metodo della 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.

iii) *Variabili aleatorie, processi stocastici e stima di parametri.* Richiami alle principali proprietà delle variabili aleatorie. La densità di probabilità congiunta e condizionata. La matrice di covarianza. Principali proprietà degli stimatori. La stima di parametri non aleatori: i minimi quadrati, lo stimatore di Markov, il criterio della massima verosimiglianza. La stima di parametri random: lo stimatore di Bayes. Esempi: impedenza di ingresso aortica, cinetica del glucosio e/o dell'urea.

iv) *I processi stocastici e gli spettri di potenza.* Richiami sui processi stocastici: stazionarietà, ergodicità. Metodi classici per la valutazione dello spettro di potenza: il periodogramma e la stima spettrale di Blackman-Tukey. Metodi parametrici per la stima degli spettri: caratteristiche generali degli stimatori AR, MA e ARMA. Algoritmi per la stima autoregressiva: le equazioni di Yule-Walker. Valutazione di spettri di potenza su segnali di variabilità cardiovascolare e su elettromiogramma.

v) *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.

vi) *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. Il perceptrone e le reti multi strato. L'algoritmo diback-propagation. Esempi di applicazioni delle reti multi strato: predizione di serie temporali, 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.

10406

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.

Modalità d'esame: l'esame consiste in una prova orale.

Propedeuticità consigliate: Campi Elettromagnetici, Comunicazioni Elettriche.

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.

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.
 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.

2438

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 interdizione, 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, unilaterali. 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.I. KAMINS, *Device Electronics for Integrated Circuits*, Wiley.

R.S. MULLER, T.I. 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 PSpice*, Prentice Hall.

W. BANZHAF, *Computer Aided Circuit Analysis Using Spice*, Prentice Hall.

G. MASSOBRIO, *Modelli dei dispositivi a semiconduttore in SPICE*, Franco Angeli.

Propedeuticità consigliate: Complementi di matematiche, Elettrotecnica I.

Le esercitazioni si svolgono in aula e consistono nella risoluzione di esercizi e nella 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.

5809

ELETTRONICA APPLICATA IIDocenti: **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 funzionamento 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, I²L): 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; flip-flop; 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*, Znichelli.
 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 I.

10907

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 «Digital Signal Processors» (DSP)*

Elaborazione dei segnali digitali. Filtri *finite impulse response* (FIR) e *infinite impulse response* (IIR). Metodi di definizione dei coefficienti. Struttura fisica e principio di funzionamento di un dispositivo CCD. Filtri a condensatori commutati. Architettura di un DSP microprogrammato (Harvard). Unità aritmetica, unità di calcolo degli indirizzi, *program counter*, registri, I/O. Conversione A-D e D-A.

Testi consigliati:

- N. WESTE, K. ESHRAGHIAN, *Principles of C-MOS 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: **V.A. Monaco** prof. ord.

8862

ELETTRONICA DELLO STATO SOLIDO

Docente: **Massimo Rudan** prof. ord.

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 insegnamenti quali Microelettronica, Chimica Fisica, Elettronica dei sistemi digitali e Architettura dei Sistemi integrati, come parte propedeutica di un gruppo di materie che sviluppano in modo completo i concetti essenziali per la formazione di un ingegnere elettronico nel settore della Microelettronica.

1. *Introduzione alla Meccanica Quantistica*

- Principi generali della Meccanica Quantistica. Grandezze fisiche e operatori ad esse associati, equazioni agli autovalori, completezza degli insiemi di autofunzioni.
- Simultanea osservabilità di due grandezze fisiche. Sistemi completi di operatori che commutano, somma di operatori indipendenti, autovalori e autofunzioni associate. Valor medio di una grandezza fisica e sua espressione quantistica. Teoremi di conservazione.

— Funzione hamiltoniana per una particella carica in un campo elettromagnetico. Equazione di Schrödinger per una particella soggetta a un potenziale parabolico, suoi autovalori e autofunzioni. Concetto di fotone.

— Indistinguibilità di particelle identiche, simmetria-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 dei portatori in un cristallo. Tensore di massa.

— Teorema di Liouville 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.

Bibliografia:

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 semiconduttori*, Patron, 1983.
3. G. BACCARANI, *Dispositivi MOS*, Patron, 1982.
4. D.A. NEAMAN, *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. LANDAU, E. LIFCHITZ, *Mécanique quantique*, MIR, 1974; A. MESSIAH, *Mécanique quantique*, Dunod, 1969.
8. Su alcuni argomenti sono disponibili fotocopie di appunti e trasparenti.

2037

ELETRONICA INDUSTRIALE (vedi 05)

8082

ELETTROTECNICA

Docenti: **Filippo Ciampolini** prof. ord. (A-D)
Paolo R. Ghigi prof. ord. (E-O)
Maria Martelli prof. ass. (P-Z)

L'insegnamento ha carattere essenzialmente formativo, anche se in esso si trattano taluni argomenti di interesse tecnico.

La materia dell'insegnamento è suddivisa in tre capitoli: Elettromagnetismo, Circuiti, Macchine Elettriche.

Elettromagnetismo: Equazioni fondamentali - Elettrostatica: definizioni ed equazioni, regime elettrostatico dei conduttori, campo all'esterno dei conduttori, schermi elettrostatici, condensatori - Elettromagnetismo stazionario: definizioni ed equazioni, circuiti magnetici ad elevata permeabilità, circuiti magnetici in presenza di simmetrie, ricerca del campo magnetico nel caso generale, potenziale vettore, magneti permanenti - Elettromagnetismo quasi-stazionario e non stazionario: ipotesi di quasi stazionarietà, concentrabilità dei parametri, leggi di Ohm e di Kirchhoff, potenziali ritardati.

Circuiti: Proprietà e definizioni - Variabili descrittive dei componenti, equazioni dei componenti e di collegamento - Potenza ed energia - Passività, reciprocità e simmetria - I componenti elementari, generatori ideali e reali di tensione e di corrente, generatori pilotati - Reti a parametri concentrati lineari e non, permanenti e non: metodi di analisi su base nodi e su base maglie, teorema di Tellegen, teorema di Thévenin, teorema di Norton, teorema di Millman - Applicazione della trasformata di Laplace all'analisi delle reti - Funzioni di rete - Cenni sulla stabilità delle reti - Analisi del regime sinusoidale - Analisi della risposta di reti stabili a diversi tipi di ingresso - Sistemi trifase.

Macchine Elettriche: Il trasformatore - Elettrodinamica dei mezzi in movimento (cenni) - Metodologie generali per lo studio dei circuiti elettrici in movimento in corrente continua ed in corrente alternata - Applicazione alle macchine reali: macchine asincrone, macchine sincrone, macchine a collettore - Introduzione agli aspetti tecnici ed all'impiego delle macchine elettriche.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

- F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica generale*, ed. Pitagora, Bologna.
 F. CIAMPOLINI, R. TRIOLI, *Macchine Elettriche*, ed. Calderini, Bologna.
 C. DESOER, S. KUH, *Fondamenti di teoria delle Reti Elettriche*, ed. Angeli, Milano.
 G. MARTINELLI, M. SALERNO, *Fondamenti di Elettrotecnica*, ed. Siderea, Roma.
 P. GHIGI, *Lezioni di elettrotecnica*, Esculapio, Progetto Leonardo, Bologna, 1992.
 M. MARTELLI, Dispense redatte a cura del Docente.

X 1369

FISICA GENERALE I

Docenti: **Antonio Bertin** prof. ord. (A-D)
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. Realtà 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.

Esame: scritto e orale.

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.

1372

FISICA GENERALE II

Docenti: **Franco Saporetti** prof. ass.

Franco Malaguti prof. ass.

Alessandro Gandolfi prof. ass.

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.

Esame: scritto e orale.

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.

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

X 6798

FISICA TECNICA

Docenti: **Valerio Tarabusi** prof. ass. (A-D)

Giorgio Pagliarini prof. ass. (E-O)

Antonio Dumas prof. ass. (P-Z)

L'insegnamento si propone di fornire le nozioni di base per l'analisi energetica dei sistemi, sia attraverso lo studio dei processi di conversione tra le diverse forme di energia (termica, meccanica, elettrica ...), sia fornendo gli elementi fondamentali sui meccanismi di scambio termico e sulla meccanica dei fluidi.

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.

7945

FONDAMENTI DI INFORMATICA IDocenti: **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 e 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 e loro classificazione secondo Chomsky. Cenni sulla struttura di compilatori ed interpreti di 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.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

S. CERI, D. MANDRIOLI, L. SBATELLA, *Informatica Istituzioni/Ansi C*, McGraw-Hill, 1994.

Saranno inoltre disponibili copie dei lucidi e dispense in cui saranno indicati altri riferimenti bibliografici.

7946

FONDAMENTI DI INFORMATICA IIDocenti: **Antonio Corradi** prof. ass. (A-K)**Giuseppe Bellavia** ricerc. (L-Z)

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 dell'insegnamento 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 Assembler
 - 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 del file system e la struttura di questo.
 Modello di programma in esecuzione sulla macchina virtuale costituita dal sistema operativo.
 Organizzazione del 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.
 Riutilizzabilità e rapido sviluppo in ambiente UNIX.
 - 2) Linguaggi di Programmazione - Compilatori
 - Strumenti di supporto alla traduzione ed 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:
- Assembler
- Processori comandi e Shell di UNIX
- C.

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 (seconda edizione 1994).
- B.W. KERNIGHAM, 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 in una prova scritta (valida per l'intero anno accademico), di una prova pratica ed una prova orale. È di fondamentale importanza una buona conoscenza strumentale degli ambienti operativi proposti nell'insegnamento.

9757

GEOMETRIA E ALGEBRA

Docenti: **Massimo Ferri** prof. ord. (A-D)
Anna Luisa Gilotti prof. ass. (E-O)
Luigi Pezzoli prof. ass. (P-Z)

Finalità dell'insegnamento

Lo scopo dell'insegnamento è essenzialmente formativo: 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.

Programma

Elementi di algebra: operazioni su insiemi; strutture algebriche; gruppi, anelli, corpi, e campi — Spazi vettoriali — Matrici — Spazi proiettivi e affini. Dipendenza lineare e affine — Basi, riferimenti e dimensioni — Determinante di una matrice quadrata — Omomorfismi fra spazi vettoriali: sistemi lineari — Sottospazi di spazi vettoriali; risoluzione di sistemi

lineari non normali — Omomorfismi fra spazi proiettivi e fra spazi affini; Geometrie — Sottospazi di spazi proiettivi e di spazi affini — Relazioni fra le strutture vettoriali, affini e proiettive — Parallelismo negli spazi affini — Spazi euclidei — Omomorfismi fra spazi euclidei — Geometria simile ed euclidea — Angoli, diedri e volumi in uno spazio euclideo — Cenni sulle equazioni algebriche — Autovalori ed autovettori — Applicazioni e forme bilineari — Forme quadratiche — Iperquadriche con particolare riferimento alle coniche e quadriche.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

- C. GAGLIARDI, L. GRASSELLI, *Algebra lineare. Geometria*, 3 voll., Esculapio, Progetto Leonardo, Bologna.
 L. CAVALIERI D'ORO, L. GUALANDRI, *Esercizi di Algebra e Geometria*, Voll. I e II, Ed. Esculapio, Bologna.
 S. ABEASIS, *Compl. di Algebra lineare e Geometria*, Zanichelli, Bologna.

1677

GESTIONE AZIENDALE (vedi 07)

10420

IMPIANTI INDUSTRIALI (vedi 09)

Esame: scritto e orale.

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.

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.

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. Sistemi CASE di supporto.
3. Progettazione: principi e metodi di progettazione, principi di modularità ed incapsulamento. La progettazione «object-oriented».
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 dei costi, metriche di prodotto e di processo.

Testi consigliati:

- C. GHEZZI, A. FUGGETTA, S. MORASCA, A. MORZENTI, 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. ECKEL, *Programmare in C++*, Mc Graw Hill.

Esame: scritto e orale.

5574

INGEGNERIA E TECNOLOGIE DEI SISTEMI DI CONTROLLO

Docente: **Alberto Tonielli** prof. ass.

Finalità dell'insegnamento

L'insegnamento si propone di illustrare i principali aspetti 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 al problema (tipicamente di controllo) da affrontare. Tra i problemi sono considerati in dettaglio l'interferenza dei rumori con le apparecchiature di controllo, l'implementazione digitale e la messa in scala di regolatori e filtri e le tematiche relative all'affidabilità dei componenti e degli apparati.

Due tipici problemi di controllo sono esaminati in dettaglio. Il primo 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. Il secondo è relativo al controllo assi che viene esaminato e discusso in aula e verificato in simulazione dallo studente.

Programma

Controllori logici programmabili:

Caratteristiche Hardware/Software. Linguaggi di programmazione standard. Il GRAFCET come linguaggio ad alto livello per logiche sequenziali. Definizione delle specifiche di un sistema di controllo industriale; preparazione della esercitazione di laboratorio.

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. Cenni sull'amplificazione di potenza.

Implementazione digitale di regolatori e filtri:

Il problema della messa in scala e delle rappresentazioni numeriche.

Affidabilità:

Terminologia e definizioni. Norma MIL 217-D per il calcolo del tasso di guasto dei componenti elettronici. Sistemi complessi ed interconnessi. Sistemi ridondati.

Compatibilità elettromagnetica delle apparecchiature di controllo:

Terminologia e definizioni; classificazione dei disturbi. I principali percorsi di accoppiamento dei disturbi (EMI). Tecniche di protezione per apparecchiature operanti in bassa frequenza. Esempi.

Testi consigliati:

G. MARRO, *Componenti dei sistemi di controllo*, Zanichelli ed.

Verranno inoltre fornite dispense a cura del docente e copia dei fogli applicativi dei dispositivi presentati.

Esercitazioni: Completa l'insegnamento una esercitazione relativa alla progettazione e

la realizzazione del sistema di controllo con PLC di una apparecchiatura industriale (simulata o in scala).

Esami: Lo svolgimento della prova di esame consiste in un tema scritto di verifica della capacità di programmazione di un PLC e delle restanti tematiche dell'insegnamento. 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.

7158

INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Docente: **Paola Mello** prof. ass. (inc.)

Obiettivi dell'insegnamento

Presentare i concetti principali ed i metodi che stanno alla base della progettazione di 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 «mondo reale» 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 di 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 utilizzando 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.

10408

LINGUAGGI E TRADUTTORI

Docente: **Antonio Natali** prof. ord. (inc.)

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 e 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. Interpretazione dichiarativa e procedurale delle lausole Prolog. Meta-predicati e meta-interpreti. Predicati 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 di 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.

8073

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 rotamaneto: 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 bilanciata. Determinazione del profilo della camma. Comportamento statico delle camme.

Ruote dentate. Trasmissione del moto fra assi paralleli con ruote di frizione. Tracciamento dei profili coniugati nel piano: metodo dell'involuppo e profili di assortimento. Ruote dentate cilindriche ad evolvente. Linea di contatto e arco d'azione; Rendimento delle ruote dentate cilindriche a denti diritti. Ruote dentate cilindriche a denti elicoidali. Trasmissione del moto fra assi concorrenti con ruote di frizione. Ruote dentate coniche. Cenni sulla trasmissione del moto fra assi sghemi con ruote dentate elicoidali. Coppia vite senza fine-ruota elicoidale.

Rotismi. Rotismi ordinari. Rotismi epicicloidali. Differenziale. Rapporti fra i momenti sterzi 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 sul 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 irre-

golarità. 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.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati:

- E. FUNAIOLI, A. MAGGIORE, U. MENEGHETTI, *Meccanica applicata alle macchine*, voll. 1 e 2, Ed. Patron, Bologna.
 S. DOUGHTY, *Mechanics of Machines*, John Wiley & Sons, 1988.
 B. PAUL, *Kinematics and dynamics of planar machinery*, Prentice-Hall, 1979.

1381

MECCANICA RAZIONALE

Docenti: **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 in un sistema olonomo.

Geometria e cinematica delle masse

Baricentri. 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 giroscopico, 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.

5702

MICROELETTRONICA

Docente: **Massimo Rudan** prof. ord.

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 sé 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.

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, interdifferusione 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 simulazione 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 semi-

conduttori, 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 (JFET): 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: fotoresistore, 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; telecamere 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*.

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 consigliati:

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 semiconduttori*, Patron, 1983.
3. G. BACCARANI, *Dispositivi MOS*, Patron, 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 LVTI Processes*, The Benjamin/Cummings Publishing Co., 1987.
8. M. RUDAN, *Tavole di Microelettronica*, Pitagora-Tecnoprint, 1996.
9. Su alcuni argomenti sono disponibili fotocopie di appunti e trasparenti.

2191

MICROONDEDocente: **Alessandra Costanzo** ricerc.

L'insegnamento si propone di fornire le conoscenze di base e le metodologie per lo 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. Jhon Willey.
 P.H. LADBROOKE, *MMIC Design: GaAs FETs and HEMTS*, Ed. Artech House.

Propedeuticità consigliate: Analisi matematica III, Campi Elettromagnetici I, Elettro-nica applicata I.

+ 1386

MISURE ELETTRONICHE

Docenti: **Mario Rinaldi** prof. ord. (06 A-K)

Domenico Mirri prof. ass. (06 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 potenziometrici. Strumenti numerici. Registratori XY e X-t. Oscilloscopio. Registratore di transitori. Oscilloscopio a memoria numerica.

Misure di impedenza

Componenti di precisione e reti equivalenti. Parametri indesiderati dei circuiti. Metodi indiretti e per sostituzione. Metodi voltampermetro, 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.

10386

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 azio-

namenti 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.

Modalità di esami

L'esame consiste in un' prova orale sugli argomenti svolti nel corso delle lezioni teoriche e delle esercitazioni.

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 Electronic Control of AC Motors*, Pergamon Press, Oxford.

T. KENJO and S. NAGAMORI, *Permanent-Magnet and Brushless DC Motors*, Clarendon Press, Oxford.

TAKASHI KENJO, *Stepping motors and their microprocessor controls*, Clarendon Press, Oxford, 1985.

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 sub-gradiente, 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.

Propedeuticità: Fondamenti di Informatica e Ricerca Operativa.

Esami: prove scritta ed orale. Le prove scritte hanno validità annuale.

Tesi di laurea: realizzazione di algoritmi per problemi di ottimizzazione combinatoria.

Materiale didattico: fotocopie dei trasparenti utilizzati a lezione.

Testi di consultazione:

E.L. LAWLER, J.K. LENSTRA, A.H.G. RINNOOY KAN, D.B. SHMOYS, *The Traveling Salesman Problem*, J. Wiley, 1985.

G.L. NEMHAUSER, A.H.G. RINNOOY 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.

10416

ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E DEI SISTEMI LOGISTICI (vedi 09)

11144

PROGETTO DI CIRCUITI A MICROONDE

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. Modulatore 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.

GEOGE D. VENDELIN, ANTHONY M. PAVIO, ULRICH L. ROHDE, *Microwave Circuit Design*, John Wiley & Sons, New York.

L'esame consiste in una prova orale.

Le 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.

10389

PROPAGAZIONEDocente: **Gabriele Falciasecca** 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 mo-demodulazione, 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.

5802

PROPRIETÀ TERMODINAMICHE E DI TRASPORTO (vedi 01)

11145

RETI DI CALCOLATORIDocente: **Antonio Corradi** prof. ass.

L'insegnamento affronta le problematiche introdotte dai sistemi interconnessi, sia nel senso di sistemi distribuiti, sia nel senso di sistemi a parallelismo elevato. Obiettivo è di analizzare i problemi, di classificare le soluzioni e di identificare i criteri di progetto.

Programma

Generalità - Classificazione dei sistemi distribuiti, architetture MIMD e architetture a parallelismo massiccio, sistemi distribuiti decentralizzati ed eterogenei. Standardizzazione delle soluzioni: standard di comunicazione, ISO/OSI ed internet, standard di riutilizzo dei servizi esistenti. Introduzione alla affidabilità delle soluzioni: ipotesi di guasto, protocolli per la tolleranza ai guasti.

Modelli di interazione - Classificazione delle interazioni in sistemi interconnessi: modelli cliente-servitore, modelli a procedura remota, modelli a memoria condivisa, transazioni distribuite. Esempi di interazione in sistemi standard di fatto (UNIX) e collegamenti con protocolli standard internazionali (TCP/IP). Standard emergenti nel settore cliente/servitore e degli ambienti distribuiti ad oggetti (CORBA).

File system distribuiti - Requisiti di sistema: condivisione, disponibilità, replicazione e correttezza delle risorse, tolleranza ai guasti. Classificazione: file system di rete e file system distribuiti. Proprietà fondamentali: trasparenza, decentralizzazione, scalabilità. Esempi di sistemi (LOCUS, UNIX NFS, Sprite). Sistemi transazionali. Criteri e metodologie di progetto.

Sistemi operativi distribuiti - Caratteristiche: allocazione e configurazione, granularità dei processi e loro interazione, mobilità dei processi, bilanciamento del carico, eterogeneità. Esempi di sistemi (Chorus, Amoeba, CStools, Express, Helios). Criteri e metodologie di progetto. Problematiche di sicurezza nella comunicazione: crittografia e Kerberos.

Standardizzazione - Organizzazione a livelli: livelli applicativi. Metodologia ad oggetti e sintassi astratta (ASN.1). Applicazioni standard distribuite: message handling, servizi di directorio, file transfer (FTAM), virtual terminal, transazioni distribuite, trasferimenti dati strutturati. Confronto dello standard con gli ambienti di programmazione disponibili.

Testi

G. COUFORIS, J. DOLLIMORE, T. KINDBERG, *Distributed Systems: concepts and Design*, Addison-Wesley (seconda edizione), 1994.

A. GOSCINSKI, *Distributed Operating Systems*, Addison-Wesley, 1991.

R.W. STEVENS, *TCP/IP Illustrated: vol. 1, vol. 2, vol. 3*, Addison-Wesley, 1994/1995/1996.

G. DICKSON, A. LLOYD, *Open System Interconnection*, Prentice-Hall, 1992.

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 sui diversi argomenti dell'insegnamento.

Esami: gli esami consistono in una prova di progetto elaborata dal candidato sui temi trattati ed in una prova orale.

Propedeuticità: si assume la conoscenza degli elementi di Calcolatori Elettronici II, ossia una buona conoscenza del settore dei Sistemi Operativi.

10390

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 trabocco. 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.

5579

RETI LOGICHEDocenti: **Roberto Laschi** prof. ord. (A-K)**Eugenio Faldella** prof. ord. (inc.) (L-Z)*Finalità dell'insegnamento*

Introdurre le tecniche di descrizione dei sistemi digitali e presentare i modelli matematici che consentono di progettarne 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 reti 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 Logi Design*, Benjamin/Cummings, 1994.

L'*esame* consiste in una prova scritta e in una successiva prova orale a carattere 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 OPERATIVADocente: **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 «knapsack» 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 NP-Completeness*, Freeman, 1979.
- C. PAPADIMITRIOU, 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.

Indirizzo delle *Tesi di Laurea*: problemi di ottimizzazione combinatoria.

11146

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 e 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. NAGEL, N.G. ODREY, *Industrial robotics: Technology, Programming, and Applications*, McGraw-Hill, 1986.

Dispense del docente.

Propedeuticità: Controllo dei Processi; Tecnologie dei Sistemi di Controllo.

10413

SENSORI E TRASDUTTORI (vedi 05)

11147

SISTEMI DI COMMUTAZIONE

Docente: **Carla Raffaelli** ricerc. (inc.)

L'insegnamento si propone di fornire una conoscenza specifica delle modalità e degli apparati per la commutazione nelle reti di telecomunicazioni con particolare riferimento alle reti integrate nei servizi.

Programma

Commutazione nella rete telefonica analogica

Commutazione manuale ed automatica. Centrali a comando diretto, a comando indiretto a registro, a marcatore. Centrali a selettore e a punti di incrocio. Reti di Clos.

Segnalazione utente-rete e intercentrale. Segnalazione in banda e fuori banda. Segnalazione multifrequenza interregistro. Segnalazione a canale comune. Organizzazione delle reti telefonica urbana. Centrali principali e satellite. Instradamento deviato del traffico urbano. Organizzazione della rete teleselettiva.

Commutazione nella rete numerica a banda stretta (N-ISDN)

Commutazione TDM/PCM. Matrice T, matrice S, matrici TST, STS, TTT e relative tecniche di dimensionamento.

Segnalazione PCM. Sistema di segnalazione n. 7. Organizzazione della rete numerica. Migrazione dalla rete analogica alla rete numerica. Esempi di centrali numeriche: ESS N. 4.

Commutazione nella rete numerica integrata a larga banda (B-ISDN)

Architettura e protocolli per la rete B-ISDN. Modi di trasferimento e relativa classificazione. Schemi di moltiplicazione, principi di commutazione, architetture dei protocolli. Esempi di modi di trasferimento: a pacchetto, a circuito, a pacchetto veloce, a circuito veloce. Standard SDH. Standard ATM. Controllo del traffico e gestione delle risorse. Reti di interconnessione per ATM. Reti banyane. Rete Batcher/banyan. Caratteristiche generali di un commutatore ATM. Alternative di memorizzazione: accodamento in ingresso, in uscita e condiviso e relative prestazioni. Esempi di commutatori ATM: Knockout, Tandem, Replicate, rete di Turner. Cenni alla commutazione ottica.

Teoria del traffico per applicazioni a larga banda

Sistemi a coda M/G/1. Casi particolari: M/D/1, Geom/Geom/1. Sistemi multicoda-multiservitore: multiplatori e commutatori. Analisi semplificata di reti banyane con memoria. Modello di multiplatore ATM con traffico *bursty*.

Testi consigliati:

M. DECINA, A. ROVERI, *Introduzione alle reti telefoniche, analogiche e numeriche*, La Goliardica Editrice, Roma.

W. STALLINGS, *ISDN and Broadband ISDN*, Macmillan ed., New York.

J.Y. HUY, *Switching and Traffic Theory for Integrated Broadband Networks*, Kluwer Academic Publisher, Boston.

M. DE PRYCKER, *Asynchronous Transfer Mode: Solution for Broadband ISDN*, Hellis Horwood, New York.

Appunti delle lezioni forniti dal docente.

Esami orali.

Propedeuticità consigliate: Reti di Telecomunicazione.

10392

SISTEMI DI ELABORAZIONE

Docente: **Remo Rossi** prof. ord.

L'insegnamento è articolato in due parti.

Nella prima, partendo da componenti funzionali di base, si studia la realizzazione di un sistema di calcolo completo, esaminando nel contempo soluzioni con diversa architettura.

Nella seconda, che costituisce la parte prevalente dell'insegnamento, vengono esaminati gli elementi fondamentali inerenti le architetture avanzate dei sistemi di calcolo, architetture che trovano i loro punti qualificanti nelle tecniche hardware e software di elaborazione parallela.

Programma

1) Sistemi di calcolo tradizionali e loro architettura.

Unità centrale - Gerarchie di memoria - Unità di controllo cablata e microprogrammata - Strutture di ingresso/uscita.

2) Introduzione alla elaborazione parallela.

Evoluzione dei sistemi di calcolo - Parallelismo nei sistemi ad un solo processore - Strutture di calcolo parallele.

3) Sistemi di Memoria.

Strutture di memoria gerarchiche - Sistemi di memoria virtuale - Allocazione e gestione

della memoria - Memorie cache e loro gestione - Memoria ad interleaving - Memorie locali.

4) Sistemi di ingresso/uscita.

Caratteristiche dei sistemi di ingresso/uscita - Meccanismi di interrupt ed hardware speciale - Processori di I/O.

5) Strutture di calcolo parallele.

Sistemi a multiprocessore - Array di processori - Sistemi massivamente paralleli.

6) Reti d'interconnessione.

Reti statiche - Reti dinamiche.

7) Pipeline ed elaborazione vettoriale.

Pipeline lineare - Pipeline generali - Classificazione dei processori a pipeline - Tecniche di progettazione di una pipeline - Progetto di unità con istruzioni gestite a pipeline - Progetto di unità aritmetiche a pipeline - Progetto di processore a pipeline.

8) Calcolatori a pipeline e tecniche di vettorizzazione.

Supercalcolatori vettoriali: l'architettura del CRAY X-MP - L'architettura del CYBER 205 - L'architettura del FUJITSU VP 200 - La architettura dell'IBM 3090.

Scientific Attached Processors: l'architettura del FPS 164.

Metodi di vettorizzazione ed ottimizzazione dei codici.

9) Architetture a multiprocessore.

Strutture funzionali - Reti d'interconnessione - Organizzazioni di memorie parallele - sistemi fault-tolerant.

10) Calcolatori ad array di processori.

Organizzazioni del sistema di calcolo - Meccanismi di mascheramento e data routing - Comunicazione tra gli elementi di elaborazione - Reti d'interconnessione.

11) Sistemi di calcolo massivamente paralleli.

Strutture funzionali - Tree machines - Hypercube computers - Reti di interconnessione.

Esercitazioni: l'insegnamento è integrato con esercitazioni orientate alla programmazione di sistemi di calcolo a multiprocessore.

Esame: scritto e orale.

Testi consigliati

HOCKNEY, JESSHOPE, *Parallel computers*, Adam Hilger, Bristol.

HWANG, BRIGGS, *Computer architecture and parallel processing*, McGraw-Hill Book Company.

KOOGÉ, *The architecture of pipelined computers*, McGraw-Hill Book Company.

Propedeuticità consigliate: Reti logiche, Sistemi per l'elaborazione dell'informazione.

10393

SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE

Docente: **Oreste Andrisano** prof. straordinario.

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 dei sistemi di trasmissione su canale passabanda e dei metodi di accesso multiplo. Vengono presentati alcuni esempi di progetto tratti dalle applicazioni più significative.

1. Generalità sulla rete di telecomunicazioni: la rete fissa e la rete mobile.
2. La cifra di impianto per sistemi analogici e digitali.
3. Elementi di teoria statistica della decisione.
4. Sistemi di trasmissione digitali in banda base.
5. Segnali digitali: calcolo dello spettro di potenza.
6. Sistemi di modulazione digitali su canale hertziano.
7. Descrizione statistica del rumore passabanda.
8. Confronto di prestazioni in termini di compromesso banda-potenza.
9. Sistemi con interferenza intersimbolo.
10. Sistemi di trasmissione analogici.
11. Effetti della non linearità.
12. Caratterizzazione della tratta radio.
13. Effetti delle interferenze nei sistemi digitali.
14. Formati di accesso multiplo.
15. Alcune applicazioni, con relativi calcoli di progetto, scelte tra le seguenti:
 - a) sistemi radiomobili cellulari
 - 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 «video on demand».

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 subanco di misura relative a sistemi di trasmissione digitali.

Tesi: di tipo sperimentale da sviluppare in laboratorio o presso aziende manifatturiere di Telecomunicazioni.

Testi consigliati:

Quaderni di telecomunicazioni: appunti tratte dalle lezioni del Prof. O. Andrisano, Esculapio, Bologna.

TAUB SCHILLING, *Principles of Communication Systems*, Second Edition, Mc Graw-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.

10394

SISTEMI INFORMATIVI IDocente: **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 operazione ed il progetto delle funzioni. Strategie di progetto e documentazione.

Basi di dati relazionali, il modello logico relazionale, i vincoli sui dati. Algebra e calcolo relazionale, selezione, proiezione e join. La normalizzazione delle relazioni, le dipendenze funzionali e le decomposizioni. Il linguaggio SQL, la creazione delle base di dati, interrogazioni, manipolazione dei dati e controllo degli accessi. La progettazione logica, la ristrutturazione degli schemi concettuali la traduzione ins chemi logici relazionali.

Struttura degli archivi. Metodi di ordinamento e di ricerca. Metodologie ed algoritmi per l'accesso con funzioni hash. Metodi hash dinamici. Strutture sequenziali con indice. Il B-tree e le sue varianti. Indici 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.

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.

Rappresentazione delle informazioni su memoria di massa, caratteristiche dei dispositivi.

Esame: scritto e orale.

Testo 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*, McGraw-Hill, 1996.

A. GUIDI, D. DORBOLÒ, *Guida al SQL*, McGraw-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.

11149

SISTEMI INFORMATIVI IIDocente: **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.

Modalità d'esame

L'esame consta di due parti:

- 1) discussione di un elaborato di progetto
- 2) prova orale

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.

Nella I 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 II parte dell'insegnamento sono illustrati i principi di funzionamento e le applicazioni dei più diffusi Life support systems, mentre nella III^a parte si danno i concetti fondamentali sulla sicurezza delle apparecchiature biomediche.

Programma

Parte I - Sistemi di Misura

1. Concetti generali

Descrizione funzionale di un sistema di misura. Indici di prestazione degli strumenti di misura: Caratteristiche statiche, caratteristiche dinamiche.

2. Sensori

Trasduttori resistivi di temperatura, velocità e pressione. Trasduttori piezoelettrici: principi fisici ed applicazione nelle apparecchiature ad ultrasuoni. Trasduttori fotoelettrici: legge di Lambert-Beer ed apparecchiature per analisi cliniche (densitometri, ossimetri, etc.). Trasduttori elettrochimici: pHmetri, blood gas analyzers e strumenti amperometrici. Elettrodi per segnali bioelettrici (Elettro-cardiogramma ed encefalogramma).

3. Acquisizione di segnali biologici

Preamplificatori: per strumentazione, d'isolamento, di modo comune. Amplificatori e oscilloscopi e registratori per uso biomedico. Elaborazione di segnali nella strumentazione biomedica. Esempi di applicazione: Elettrocardiografia, Laboratorio cardiovascolare, Unità di cura intensiva, Laboratorio di analisi cliniche.

4. Strumentazione per bioimmagini

Strumentazione per la generazione, l'acquisizione e la visualizzazione di immagini. Applicazioni in Radiologia e medicina nucleare, Ecografia, Tomografia assiale computerizzata. Risonanza magnetica Nucleare.

Parte II - Sistemi di supporto alle funzioni vitali

Emodialisi. richiami di fisiologia renale, la macchina per dialisi, monitoraggio e controllo del processo di emodialisi. Dispositivi intra ed extra corporei di supporto alla circolazione del sangue. Macchina cuore-polmone, pallone intraaortico, ventricular assist devices. Elettrostimolatori cardiaci: pacemakers e defibrillatori. Protesi mioelettriche per arto superiore.

Parte III - Sicurezza elettrica delle apparecchiature biomediche

Effetti della corrente elettrica sull'uomo. Rischi di shock elettrico da apparecchiature biomediche. Metodi per prevenire gli incidenti elettrici. Verifica delle apparecchiature elettromedicali.

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.

10407

STRUMENTAZIONE E MISURE ELETTRONICHEDocente: **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 bandwidth*.

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* 1nA-1mA). Le due esercitazioni 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.

Esami

L'esame (orale) prevede anche, per chi ha svolto le esercitazioni, la discussione di una relazione sull'esercitazione di laboratorio svolta.

Tesi consigliati:

Appunti forniti dal docente. Sono disponibili videocassette che descrivono l'uso degli strumenti ed illustrano le esercitazioni.

4115

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 e 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 e 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.

Esame: scritto e orale.

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.

11177

TRASMISSIONE NUMERICA

Docente: **Leonardo Calandrino** prof. ord.

Programma

Fondamenti di Teoria dell'informazione.

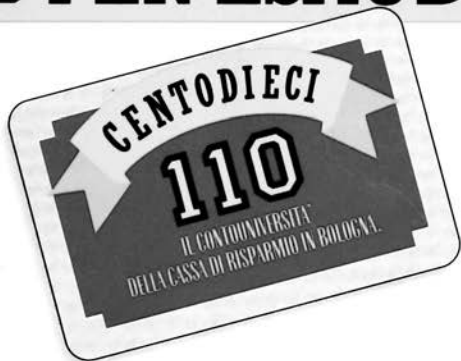
Sorgenti di informazione. Entropia di una sorgente. Ridondanza. Codifica di sorgente. Esempi di sistemi di codifica di sorgente con eliminazione di ridondanza. Codec per segnali audio e per segnali video.

Canali di trasmissione. Capacità di un canale. Codifica di canale.

Esempio di sistemi di codifica di canale. Codici a correzione d'errore. Trasmissione per mezzo di forme d'onda codificate.

Ricevitori adattativi ed equalizzazione di canale.

**PER TUTTI GLI
UNIVERSITARI
CON 100 PROGETTI
PER LA TESTA
110 PER ESAUDIRLI.**



Subito

un pratico

regalo

all'apertura

del conto !!!

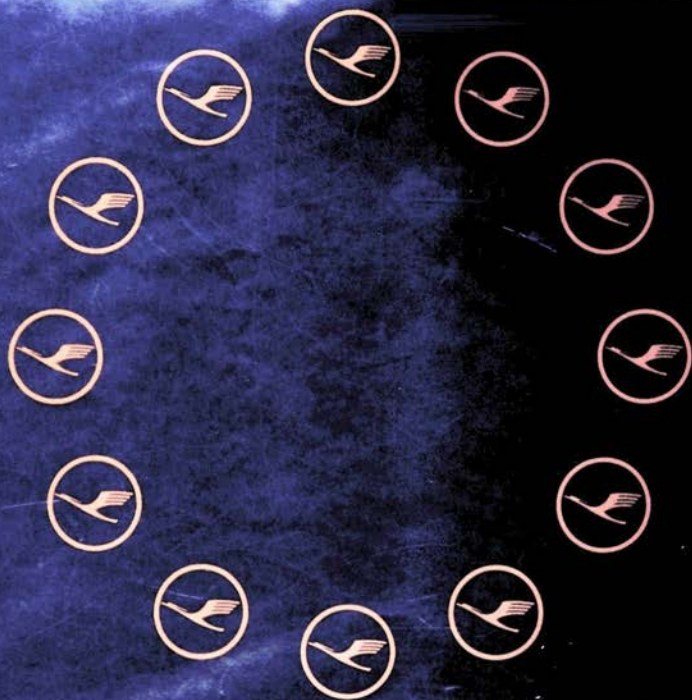
IL CONTOUNIVERSITÀ

110 è il conto corrente per vivere al meglio gli anni dell' Università: operazioni gratuite, carta Bancomat, assicurazioni, agevolazioni per corsi, viaggi, sport, sconti presso negozi e librerie...e la possibilità di concorrere a borse di studio. 110 basi solide per esaudire giorno dopo giorno tutti i tuoi progetti. A partire da oggi. Per saperne di più, ti aspettiamo presso le nostre filiali.



CARISBO
CASSA DI RISPARMIO IN BOLOGNA

Made in Italy



**Studenti cariccaa! Il mondo è ai vostri piedi
e i nostri voli sono a prezzi elementari.**

Ve lo assicura un maestro.



Lufthansa

ISBN 88-8091-146-0



9 788880 915461

IN111