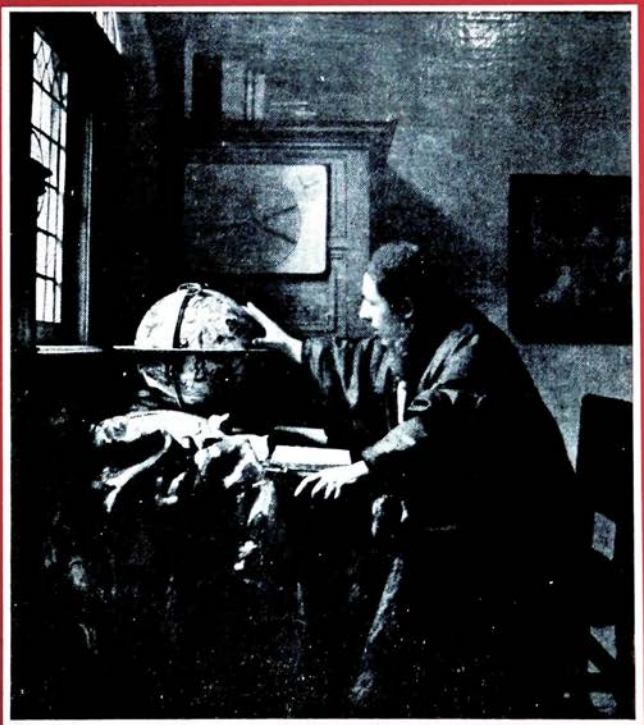
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA

GUIDA DELLO STUDENTE PER LA FACOLTÀ DI

INGEGNERIA

ANNO
ACCADEMICO
1984-1985



CLUEB

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Jan Vermeer, *Astronomo* (1668), olio su tela, cm. 50,8 x 46,3, Parigi, collezione E. de Rothschild. Altri titoli attribuiti al dipinto: *Filosofo*; *Geometra*; *Geografo*; *Astrologo*.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA

GUIDA DELLO STUDENTE PER LA FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1984-1985

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BOLOGNA
FACOLTA' DI INGEGNERIA
BIBLIOTECA CENTRALE "G. P. DORE"
INV. N° 14354

Editrice CLUEB Bologna

AB GUIDE 1984

Copyright © by Cooperativa Libraria Universitaria Editrice Bologna
40126 Bologna - Via Marsala 24

Finito di stampare nel mese di novembre 1984 in Bologna
dalla Cooperativa Libraria Universitaria Editrice

INDICE

pag.

Ordinamento della Facoltà di ingegneria 7
Scuole di Specializzazione. 12

Organi ufficiali della Facoltà 15
1 — Consiglio di Facoltà (Commissioni permanenti, Comitati di gestione) 15
2 — Consigli di Corso di Laurea (Commissioni per i Piani di studio) . 16

Strutture didattico-scientifiche 16
Dipartimenti, Istituti e insegnamenti ad essi afferenti 16
Elenco degli insegnamenti della Facoltà 23
Equivalenze tra insegnamenti del nuovo e vecchio ordinamento . . 30

Ordine degli studi per l'A.A. 1984/85 32
1 — Calendario delle lezioni 32
2 — Calendario degli esami 32
3 — Esami di Laurea 32
4 — Piani di studio ufficiali 33
5 — Note esplicative sui singoli Corsi di Laurea 44

Dati statistici (studenti iscritti, laureati) 57

Normativa di Segreteria 60
1 — Immatricolazione 60
2 — Immatricolazione di stranieri e di italiani in possesso di titoli di studio stranieri 61
3 — Norme generali relative alla carriera scolastica 64
A) Validità dell'anno e attestazioni di frequenza 64
B) Corsi liberi 64
C) Esami di profitto. 64
D) Esami di Laurea o Diploma. Modalità 65
E) Conseguimento di un'altra laurea 66
4 — Norme particolari relative alla carriera scolastica nella Facoltà di Ingegneria 66

pag.

5 — Trasferimenti ad o da altre Università, o Facoltà, o Corsi di Laurea
A) Trasferimenti ad altra Università (congedi) 68
B) Trasferimenti da altra Università 69
C) Passaggi da altra Facoltà o Corso di Laurea presso l'Università di Bologna 69
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 70
E) Normativa per l'iscrizione di laureati in Architettura 72
6 — Piani di studio individuali 72
A) Criteri generali della Facoltà per l'applicazione delle leggi n. 910 e n. 924 73
B) Norme di massima per singoli Corsi di Laurea 74
7 — Rilascio di attestazioni 77
8 — Dispensa dalle tasse e assegno di studio 78

Programmi delle materie di insegnamento 81
1 — Corso di Laurea in Ingegneria Civile 81
A) Biennio propedeutico, comune a tutte le Sezioni 81
B) Triennio di applicazione, materie comuni a tutte le Sezioni . 94
C) Ingegneria Civile, sezione Edile 112
D) Ingegneria Civile, sezione Idraulica 139
E) Ingegneria Civile, sezione Trasporti 150
2 — Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica 155
3 — Corso di Laurea in Ingegneria Elettrotecnica 194
4 — Corso di Laurea in Ingegneria Chimica 221
5 — Corso di Laurea in Ingegneria Mineraria 253
6 — Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica 268
7 — Corso di Laurea in Ingegneria Nucleare 321

ORDINAMENTO DELLA FACOLTA' DI INGEGNERIA

(estratto dal D.P.R. n. 1234 del 31.10.1977; G.U. n. 209 del 27.7.1978)
in vigore dal 1 Novembre 1978

La Facoltà di Ingegneria conferisce, dopo un corso di cinque anni, le seguenti lauree:

1 Ingegneria civile (Sezioni: edile, idraulica, trasporti)
2 Ingegneria meccanica
3 Ingegneria elettrotecnica
4 Ingegneria chimica
5 Ignegneria mineraria
6 Ingegneria elettronica
7 Ingegneria nucleare.

Nei primi due anni di corso saranno impartiti i seguenti insegnamenti comuni per tutti i tipi di laurea:

Analisi matematica I
Geometria
Fisica I
Chimica
Disegno
Analisi matematica II
Meccanica razionale
Fisica II

Gli insegnamenti tenuti per i singoli corsi di laurea oltre a quelli già elencati come comuni a tutti i corsi stessi durante il primo ed il secondo anno, si distinguono in:

a) obbligatori sul piano nazionale;
b) obbligatori sul piano della facoltà;
c) a scelta per gruppi da parte degli studenti.

Gli insegnamenti stessi sono qui sotto elencati per i diversi corsi di laurea.

Due insegnamenti semestrali sono equivalenti ad un insegnamento annuale.

Laurea in ingegneria civile
(Sezione edile, idraulica, trasporti)

2° Anno:

(b) disegno II;
(b) litologia e geologia;
(a) tecnologia dei materiali e chimica applicata.

Triennio di applicazione:

(a) architettura tecnica;
(a) elettrotecnica;
(a) fisica tecnica;
(a) idraulica;
(a) meccanica applicata alle macchine e macchine;
(a) scienza delle costruzioni;
(a) tecnica delle costruzioni;
(a) topografia.

Sezione edile:

(a) architettura e composizione architettonica;
(b) costruzione di strade, ferrovie e aeroporti;
(b) fondamenti di economia ed estimo;
(b) tecnica urbanistica.

Sei insegnamenti (annuali o equivalenti) a scelta dello studente, tratti da uno dei gruppi di indirizzo indicati, anno per anno, nel manifesto degli studi.

Sezione idraulica:

(b) costruzione di strade, ferrovie e aeroporti;
(a) costruzioni idrauliche;
(b) idrologia e idrografia;
(b) impianti idraulici;
(b) tecnica della progettazione idraulica.

Cinque insegnamenti (annuali o equivalenti) a scelta dello studente, tratti da uno dei gruppi di indirizzo indicati, anno per anno, nel manifesto degli studi.

Sezione trasporti;

(b) costruzione di ponti;
(a) costruzione di strade, ferrovie e aeroporti.
(b) fondamenti di economia ed estimo;
(b) tecnica ed economia dei trasporti;
(b) tecnica urbanistica.

Cinque insegnamenti (annuali o equivalenti) a scelta dello studente tratti da uno dei gruppi di indirizzo indicati, anno per anno, nel manifesto degli studi

Laurea in ingegneria meccanica

2° Anno:

(b) disegno II;
(a) chimica applicata.

Triennio di applicazione:

(b) complementi di macchine;
(a) costruzione di macchine;
(b) dinamica e controllo delle macchine a fluido;
(b) economia e organizzazione aziendale;
(a) elettrotecnica;
(a) fisica tecnica;
(a) idraulica;
(a) impianti meccanici
(a) macchine;
(a) meccanica applicata alle macchine;
(b) macchine utensili;
(b) misure meccaniche e termiche;
(b) progetti di macchine;
(a) scienza delle costruzioni;
(a) tecnologia meccanica

Quattro insegnamenti (annuali o equivalenti) a scelta dello studente tratti da uno dei gruppi di indirizzo indicati anno per anno, nel manifesto degli studi.

Laurea in ingegneria elettrotecnica

2° Anno

(b) programmazione dei calcolatori elettronici
(b) metodi di osservazione e misura.

Triennio di applicazione:

(b) controlli automatici;
(b) economia dell'ingegneria;
(a) elettronica applicata;
(a) elettrotecnica I:
(b) elettrotecnica II;
(a) fisica tecnica;
(a) idraulica
(a) impianti elettrici;
(a) macchine;
(a) macchine elettriche;
(a) meccanica applicata alle macchine;
(a) misure elettriche;
(a) scienza delle costruzioni;
(b) tecnologie elettriche.

Cinque insegnamenti (annuali o equivalenti) a scelta dello studente, tratti da uno dei gruppi di indirizzo indicati, anno per anno, nel manifesto degli studi.

Laurea in ingegneria chimica

2° Anno:

(a) chimica applicata;
(a) chimica organica.

Triennio di applicazione:

(b) calcolo numerico e programmazione;
(a) chimica fisica;
(a) chimica industriale;
(a) elettrotecnica;
(a) fisica tecnica;
(a) impianti chimici;
(b) impianti chimici II;
(a) macchine;
(a) meccanica applicata alle macchine;
(a) principi di ingegneria chimica;
(b) principi di ingegneria chimica II;
(b) scienza dei materiali;
(a) scienza delle costruzioni;
(b) strumentazione chimica.

Cinque insegnamenti (annuali o equivalenti) a scelta dello studente, tratti da uno dei gruppi di indirizzo indicati, anno per anno, nel manifesto degli studi.

Laurea in ingegneria mineraria

2° Anno:

(a) chimica applicata;
(b) disegno II;
(b) mineralogia e petrografia.

Università di Bologna
BIBLIOTECA
CENTRALE
Facoltà di Ingegneria

Triennio di applicazione:

(a) arte mineraria;
(a) elettrotecnica;
(a) fisica tecnica;
(b) geofisica mineraria;
(a) geologia;
(a) giacimenti minerari;
(b) idraulica;
(a) macchine;
(a) meccanica applicata alle macchine;
(b) meccanica dei giacimenti di idrocarburi;
(b) meccanica delle rocce;
(a) scienza delle costruzioni;
(b) tecnica dei sondaggi;
(a) topografia.

Quattro insegnamenti (annuali o equivalenti) a scelta dello studente, tratti da uno dei gruppi di indirizzo indicati, anno per anno, nel manifesto degli studi.

Laurea in ingegneria elettronica

2° Anno

(b) calcolo numerico e programmazione;
(b) metodi di osservazione e misura;

Triennio di applicazione:

(a) campi elettromagnetici e circuiti I;
(b) complementi di matematiche;
(a) comunicazioni elettriche I;
(a) controlli automatici I;
(b) economia ed organizzazione aziendale;
(a) elettronica applicata I;
(b) elettronica applicata II;
(a) elettrotecnica I;
(a) fisica tecnica;
(a) meccanica delle macchine e macchine;
(a) misure elettriche;
(a) radiotecnica;
(b) reti logiche;
(a) scienza delle costruzioni;
(b) teoria dei sistemi.

Quattro insegnamenti (annuali o equivalenti) a scelta dello studente, tratti da uno dei gruppi di indirizzo indicati, anno per anno, nel manifesto degli studi.

Laurea in ingegneria nucleare

2° Anno:

(a) fisica atomica.

Triennio di applicazione:

(b) cinetica e controllo del reattore nucleare;
(b) elementi di ingegneria del reattore nucleare;
(a) elettronica nucleare;
(a) elettrotecnica;
(a) fisica del reattore nucleare;
(a) fisica nucleare;
(a) fisica tecnica;
(a) impianti nucleari;
(a) macchine;
(a) meccanica delle macchine;
(b) misura delle radiazioni e protezione;
(b) problemi matematici dei reattori nucleari;
(a) scienza delle costruzioni;
(b) termotecnica del reattore.

I restanti corsi per raggiungere per ogni singolo corso di laurea il numero di 29 (ventinove) insegnamenti previsto sono a scelta dello studente. Gli insegnamenti a scelta sono indicati nel seguente elenco:

Insegnamenti a scelta:
acquedotti e fognature (semestrale)
acustica applicata e illuminotecnica;
aerodinamica;
analisi dei processi chimici;
analisi dei sistemi dell'ingegneria chimica;
analisi di sicurezza degli impianti nucleari;
analisi funzionale;
analisi numerica;
analisi sperimentale delle tensioni;
analisi strutturale con l'elaboratore elettronico;
applicazioni industriali dell'elettrotecnica;
architettura e composizione architettonica II;
automazione e organizzazione sanitaria;
bioautomatica;
biomeccanica e biomacchine;
calcolatori elettronici;
calcolo delle macchine elettriche;
calcolo delle probabilità e processi stocastici;
calcolo termomeccanico di componenti nucleari;
campi elettromagnetici e circuiti II;
caratteri distributivi degli edifici;

centrali elettriche;
chimica e tecnologia dei prodotti ceramici;
chimica fisica II;
chimica fisica dei materiali elettrici;
chimica fisica dei materiali nucleari;
chimica fisica dei polimeri;
cicli di fabbricazione;
ciclo del combustibile nucleare;
codici di calcolo per reattori nucleari;
combustibili nucleari;
complementi di arte mineraria;
complementi di costruzione di macchine;
complementi di costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti;
complementi di idraulica;
complementi di idrologia;
complementi di impianti meccanici;
complementi di macchine elettriche;
complementi di meccanica applicata;
complementi di misure elettriche;
complementi di neutronica;
complementi di scienza delle costruzioni;
complementi di tecnica delle costruzioni;
complementi di tecnica ed economia dei trasporti;
complementi di tecnica urbanistica;
complementi di topografia;
comportamento meccanico dei materiali negli impianti nucleari;
comunicazioni elettriche;
comunicazioni elettriche II;
conservazione edilizia e tecnologia del restauro;
consolidamento dei terreni;
controlli automatici II;
controlli idraulici e pneumatici;
controllo dei processi;
costruzione di apparecchiature chimiche;
costruzione di macchine automatiche;
costruzioni aeronautiche;
costruzioni elettromeccaniche;
costruzioni marittime e fluviali;
costruzioni metalliche;
costruzioni nucleari;
costruzioni per l'industria;
difesa e conservazione del suolo;
dinamica delle strutture;
dinamica e controllo dei processi chimici;
economia dell'energia;
elementi di architettura tecnica;
elementi di fisica e di ingegneria dei plasmi;
elettroacustica;
elettronica applicata III;
elettronica industriale;
elettronica quantistica;
esercizio delle reti elettriche di energia;
fenomeni chimici e di trasporto nell'inquinamento;
fisica matematica;
fluidodinamica;
fondamenti di economia politica;
fotogrammetria;
gasdinamica;
generatori di vapore;
geoingegneria ambientale;
geotecnica (semestrale);
gestione dell'informazione;
grandi utilizzazioni dell'energia nucleare;
idraulica fluviale;
idrogeologia applicata (semestrale);
impianti chimici III;
impianti di controllo del traffico;
impianti idroelettrici e di rivalutazione dell'energia;
impianti minerari;
impianti tecnici civili;
impianti tecnici industriali;
ingegneria sanitaria;
ingegneria sismica (semestrale);
linguaggi di programmazione;
legislazione mineraria (semestrale);
macchine e circuiti pneumatici;
macchine ed impianti elettrici;
macchine oleodinamiche;
materiali speciali per l'elettrotecnica;
meccanica quantistica;
meccanica statistica applicata;
metallurgia e metallografia;
metodi di ottimizzazione;
microelettronica;
microonde;
misure e controlli nei giacimenti di idrocarburi
misure e modelli idraulici;
misure e regolazione degli impianti elettrici;
motori a combustione interna;
neutronica applicata;
organizzazione della produzione;
pianificazione degli impianti meccanici;
pianificazione delle risorse idriche;
preparazione dei minerali;
principi di diritto (semestrale);
principi di ingegneria chimica III;
processi chimici unitari;
processi industriali applicati all'edilizia;
produzione e trasporto degli idrocarburi;
progettazione assistita di strutture meccaniche;

progettazione automatica dei circuiti elettronici;
progettazione urbanistica;
progetti per la ristrutturazione e ad il risanamento edilizio;
progetti di strutture;
progetto termomeccanico del nocciolo;
programmazione dello sviluppo e dell'assetto del territorio;
proprietà fisiche e tecnologiche degli alti polimeri;
proprietà termodinamiche e di trasporto;
psicologia e organizzazione del lavoro;
reattori avanzati;
ricerca operativa;
scienza dei metalli;
sistemi per l'elaborazione dell'informazione;
statistica applicata;
storia dell'architettura e dell'urbanistica;
strumentazione biomedica;
strumentazione elettronica;
strumentazione e regolazione degli impianti nucleari;
strumentazione industriale;
sviluppo e disegno degli impianti chimici;
tecnica della circolazione;
tecnica della pianificazione dei trasporti;
tecnica delle alte tensioni;
tecnica delle fondazioni (semestrale);
tecnica ed organizzazione dei cantieri;
tecniche di analisi territoriale;
tecnologia chimica del disinquinamento;
tecnologie dei materiali;
tecnologie dei materiali nucleari;
tecnologie dei sistemi di controllo;
tecnologie elettroniche;
tecnologie generali;
tecnologie speciali;
tecnologie tessili;
teoria dei sistemi e del controllo;
teoria e sviluppo dei processi chimici;
trazione e propulsione;
trazione elettrica;
turbomacchine.

Integrano l'elenco, ai fini della costituzione dei gruppi di indirizzo dei singoli corsi di laurea o sezioni, gli insegnamenti di tipo *(a)* e di tipo *(b)* di altri corsi di laurea o sezioni, previsti dall'art. 147. Gli insegnamenti di cui al presente articolo così come quelli di cui agli artt. 146 e 147, potranno avere svolgimento diverso per i diversi corsi di laurea, sezioni e indirizzi.

Art. 150

La Facoltà annualmente stabilirà ed indicherà, con apposito manifesto, il piano di studi specificando i gruppi di insegnamento di tipo *(c)* che saranno tenuti. Nello stesso manifesto saranno elencate le precedenze di esami ad iscrizione e di esami ad esami che dovranno essere osservate.

Art. 151

L'esame di laurea consiste nella discussione o di un progetto o di una ricerca tecnica svolti dal candidato. Le modalità per l'assegnazione e lo svolgimento del progetto e della ricerca vengono fissate dal consiglio di facoltà.

La commissione di laurea, esaminato il progetto o la relazione della ricerca presentata dal candidato, delibera sulla ammissibilità alla discussione orale.

SCUOLE DI SPECIALIZZAZIONE
attivate nell'a.a. 1983/84

— *Corso di perfezionamento in ingegneria ceramica.*

Art. 381

Il corso ha la durata di un anno.

Art. 382

Il direttore del corso è nominato dal Consiglio di Facoltà e si intende confermato anno per anno salvo contrario provvedimento.

Art. 383

Possono essere iscritti al corso di perfezionamento in ingegneria ceramica i laureati in ingegneria.

Art. 384

Le materie di studio per gli iscritti al corso sono le seguenti:

a) chimica dei prodotti ceramici;
b) tecnologia della ceramica;
c) impianti industriali ceramici;
d) applicazione dei prodotti ceramici

Art. 385

Tali materie saranno integrate da cicli di conferenze di carattere monografico.

Lo svolgimento degli insegnamenti è accompagnato da esercitazioni di laboratorio con eventuali periodi di pratica presso laboratori e stabilimenti industriali.

Art. 386

Gli iscritti che non abbiano nel loro curriculum di studio superato un esame di chimica industriale saranno tenuti a superare una prova suppletiva di tale materia.

Art. 387

Gli iscritti che al termine del corso avranno superato gli esami di profitto in tutti gli insegnamenti elencati all'art. 384 ed avranno inoltre superato una prova pratica e discusso una dissertazione scelta su materie oggetto del corso, conseguiranno un certificato di frequenza e di esame.

Art. 388

Tutte le prove d'esame sono sostenute innanzi a Commissioni nonminate dal direttore del corso.

La discussione sulla dissertazione finale è sostenuta innanzi ad una commissione presieduta dal direttore del corso e composta dal preside della Facoltà di Ingegneria, dai docenti del Corso e da cultori della materia in numero complessivo di sette membri.

— *Scuola di specializzazione in ingegneria mineraria.*

Art. 361

Presso la Facoltà di ingegneria è istituita una scuola biennale di specializzazione in Ingegneria mineraria.

La scuola attua il corso di perfezionamento teorico e pratico previsto per i funzionari della carriera direttiva del ruolo tecnico del Corpo delle miniere, laureati in ingegneria.

Art. 362

Alla scuola possono essere iscritti, oltre a funzionari ingegneri del Corpo delle miniere i laureati in Ingegneria di qualsiasi corso e laurea.

Art. 363

Il piano degli studi della scuola è il seguente:

I *Anno*:
Mineralogia;
Geologia;
Giacimenti minerari;
Geofisica mineraria;
Arte mineraria;
Petrografia (sem.)

II *Anno*:
Meccanica dei giacimenti di idrocarburi:
Tecnica dei sondaggi;
Legislazione mineraria (sem.);

e due corsi a scelta fra i seguenti:

Impianti minerari;
Preparazione dei minerali;
Meccanica delle rocce;
Produzione e trasporto degli idrocarburi;
Misure e controlli nei giacimenti di idrocarburi.

Art. 364

Il direttore della scuola è nominato dal Consiglio della facoltà e si intende confermato anno per anno, salvo contrario provvedimento.

Art. 365

Gli iscritti alla scuola devono superare gli esami di profitto in tutti gli insegnamenti elencati all'art. 363 nonchè aver frequentato un periodo di tirocinio non inferiore a 60 giorni presso miniere indicate dal Consiglio della scuola. I funzionari ingegneri del corpo delle miniere possono essere dispensati dal tirocinio su richiesta del Ministero dell'industria e del commercio.

Art. 366

La Commissione di ciascun esame di profitto è composta dal professore della materia, di un altro professore ufficiale e di un cultore della materia o di materia affine.

Art. 367

Gli iscritti che al termine del corso di studi avranno discusso una dissertazione scelta su una materia oggetto del corso stesso, conseguiranno un diploma di specializzazione in Ingegneria mineraria. Tale discussione dovrà essere sostenuta innanzi ad una Commissione presieduta dal direttore della scuola e composta dal preside della Facoltà di ingegneria, dai docenti della scuola e da cultori della materia in numero complessivo di sette membri.

— *Scuola di specializzazione in ingegneria e tecniche nucleari.*

Art. 390

Presso la Facoltà di ingegneria è istituita una scuola di specializzazione in ingegneria e tecniche nucleari. Essa rilascia:

a) diploma di specializzazione in ingegneria nucleare;
b) diploma di specializzazione in tecnica nucleare;
c) attestato di frequenza e profitto di perfezionamento in ingegneria nucleare.

La durata del corso di studi per il conseguimento dei diplomi di specializzazione di cui ai commi a) e b) del precedente articolo è di due anni accademici.

Art. 391

Il consiglio dei professori della Facoltà di ingegneria nomina il direttore della scuola fra i professori della facoltà di ingegneria o della facoltà di scienze e, su proposta di questi, gli insegnanti.

Art. 392

Possono essere iscritti alla scuola:

a) per il conseguimento del diploma di specializzazione in ingegneria nucleare tutti i laureati in ingegneria;

b) per il conseguimento del diploma di specializzazione in tecnica nucleare tutti i laureati in fisica, in chimica ed in chimica industriale;

c) per il conseguimento dell'attestato di frequenza e profitto di perfezionamento in ingegneria nucleare i laureati in ingegneria nucleare.

E' data facoltà al consiglio della scuola di consentire l'iscrizione a persone fornite di titolo universitario estero che ad insindacabile giudizio del consiglio stesso, sia ritenuto equipollente alle lauree sopradette, unicamente ai fini dell'ammisione alla scuola.

In ogni caso, tutti gli aspiranti alla iscrizione dovranno sostenere un colloquio atto ad accertare lo stato di preparazione.

Art. 393

All'inizio dell'anno accademico, il consiglio della scuola, sulla base di una valutazione complessiva del *curriculum* e dei risultati del colloquio, redige l'elenco degli ammessi. Tale numero è limitato a 15 ammessi (complessivamento per i due diplomi ed il certificato di frequenza e profitto), per ogni anno di corso.

Art. 394

L'ordine degli studi per la specializzazione in ingegneria nucleare prevede un indirizzo volto alla formazione di specializzazione nel progetto dei reattori, l'ordine degli studi per la specializzazione in tecnica nucleare prevede un indirizzo volto alla specializzazione nelle tecnologie relative ai materiali.

Nell'ambito di tali indirizzi potranno essere fissati *curricula* di studi ulteriormente specificati inerenti a particolari aspetti della specializzazione. Essi verranno di volta in volta stabiliti dal direttore della scuola.

Art. 395

Le materie di insegnamento della scuola sono:

I *Anno*:
Metodi matematici dell'ingegneria nucleare;
Metodi quantistici della fisica nucleare;
Principi fisici di conversione diretta della energia;
Scienza dei materiali;
Teoria molecolare dei gas e dei liquidi.

II *Anno*:
Dinamica e controllo dei reattori nucleari;
Effetti delle radiazioni sui materiali;
Fisica dei plasmi e fusione termonucleare;
Ingegneria dei sistemi nucleari;
Ingegneria del reattore nucleare;
Metodi avanzati di progettazione neutronica dei reattori nucleari;
Metodi sperimentali di fisica del reattore nucleare.

Durante l'anno accademico verranno tenuti, secondo un piano fissato dal direttore della scuola, udito il consiglio della medesima, colloqui e seminari inerenti alle materie di insegnamento previsti.

Art. 396

Per il conseguimento del diploma di specializzazione di cui ai comma a) e b) dell'art. 392, gli iscritti dovranno seguire, superando i relativi esami, almeno quattro delle materie previste per il primo anno e quattro di quelle previste per il secondo anno (come sarà indicato, sentito l'iscritto, dal consiglio della scuola). Gli iscritti dovranno inoltre svolgere, durante il secondo anno di corso, un lavoro di ricerca o progetto nell'ambito e per conto della scuola e scrivere sotto forma di tesi una relazione riguardante tale lavoro.

Per l'iscrizione al secondo anno di corso gli iscritti dovranno avere superato gli esami relativi ad almeno tre delle materie previste per il primo anno.

Per il conseguimento dell'attestato di frequenza e profitto di perfezionamento di cui al comma c) dell'art. 392 gli iscritti dovranno seguire, superando i relativi esami, almeno quattro delle sette materie previste nel precedente articolo per il II anno (come sarà indicato, sentito l'iscritto, dal consiglio della scuola).

Gli iscritti inoltre dovranno svolgere un lavoro di ricerca o progetto nell'ambito e per conto della scuola e scrivere, sotto forma di tesi, una relazione riguardante tale lavoro.

ORGANI UFFICIALI DELLA FACOLTA'
di cui fanno parte rappresentanti degli studenti

Consiglio di Facoltà

Il Consiglio di Facoltà è un organo collegiale di governo dell'Università e dirige la Facoltà.

Membri di diritto del C.d.F. sono i Professori di ruolo e fuori ruolo, i Professori associati, i Professori incaricati stabilizzati e, con voto consultivo, i Professori a contratto. Sono membri eletti: quattro rappresentanti dei professori incaricati non stabilizzati e degli assistenti, tre rappresentanti dei ricercatori universitari.

Alle adunanze dei C.d.F. può intervenire una rappresentanza di nove studenti, con diritto di parola e di proposta sulle materie che ritengano di interesse degli studenti. Sulle loro proposte il C.d.F. è tenuto a pronunciarsi con deliberazione motivata.

Le elezioni delle rappresentanze studentesche sono indette ogni anno con decreto rettorale; l'elettorato attivo e passivo spetta a tutti gli studenti regolarmente iscritti alla Facoltà – in corso e fuori corso – alla data del decreto. I candidati sono elencati in liste, ciascuna delle quali deve essere corredata dalle firme di 80 studenti, autenticate da un notaio o dal Segretario del Comune di Bologna.

Quali organi consultivi del Preside e del C.d.F. sui problemi di carattere generale sono istituite otto *Commissioni permanenti*: censimento, didattica, domande di studenti, edilizia, finanziamenti, personale, problemi giuridici e amministrativi, ricerca scientifica. Sono inoltre istituiti quattro *Comitati di gestione* di settori di interesse generale della Facoltà: Centro di calcolo, Officina, Servizi generali, Biblioteca e attività culturali.

Ai lavori delle Commissioni e dei Comitati possono intervenire, con diritto di parola e di proposta, rappresentanze studentesche, in ragione di due studenti per ciascuna Commissione o Comitato, designati dai rispettivi gruppi fra gli eletti, in diverse liste, membri del C.d.F.

La *Commissione per l'esame delle domande di studenti* è composta dai proff.: L. Pentimalli, Presidente (Ist. Chimico), G. Praitoni; P. Secondini (A. Bizzarri, F. Nuti), O. Pierfederici, G.M. Rancoita (L. Simoni, M. Pezzi), G. Pasquali, C. Elmi, F. Filicori, T. Trombetti.

Consigli di Corso di Laurea

Sono istituiti sette Consigli di Corso di Laurea (Ing. Civile, Meccanica, Elettrotecnica, Chimica, Mineraria, Elettronica, Nucleare). Essi coordinano l'attività didattica all'interno di ciascuno dei corsi di laurea, esaminano ed approvano i piani individuali di studio degli studenti, formulano proposte al Consiglio di Facoltà ed alle Commissioni in ordine alle attività di insegnamento e di ricerca.

Sono membri di un C.C.d.L. tutti i Professori di ruolo afferenti al corso di laurea, ivi compresi i Professori a contratto. Sono membri eletti: una rappresentanza dei ricercatori e degli assistenti, non superiore ad un quinto dei docenti, un rappresentante del personale non docente, una rappresentanza di tre studenti.

Partecipano altresì ai C.C.d.L., fino alla cessazione degli incarichi di insegnamento, gli incaricati stabilizzati nonchè i rappresentanti degli incaricati non stabilizzati.

I rappresentanti dei ricercatori universitari e degli studenti partecipano a tutte le sedute dei C.C.d.L., ad eccezione di quelle relative a questioni concernenti la destinazione dei posti di ruolo e le persone dei professori ordinari ed associati e, qualora esistano, dei professori incaricati e degli assistenti. I rappresentanti durano in carica due anni.

All'interno dei C.C.d.L. funzionano *Commissioni per l'esame delle domande di piani di studio individuali* e delle modifiche di piani di studio, composte attualmente dai Proff.:

Ing. Civile: P.V. Righi, S. Artina, P. Secondini, F. Laudiero, G. Matildi; Ing. Meccanica: O. Pierfederici, R. Bettocchi, E. Prati, G. Vassura; Ing. Elettrotecnica: L. Simoni, M. Pezzi; Ing. Chimica: P. Chiorboli, L. Pentimalli, C. Stramigioli; Ing. Mineraria: F. Ciancabilla, R. Mezzetti, A. Paretini; Ing. Elettronica: S. Graffi, R. Laschi, V. Rizzoli, G. Carpaneto; Ing. Nucleare: T. Trombetti, T.A. Ruggeri, F. Cesari.

STRUTTURE DIDATTICO-SCIENTIFICHE

Dipartimenti, Istituti e insegnamenti ad essi afferenti

Dipartimento di Elettronica, Informatica e Sistemistica
Automazione e organizzazione sanitaria
Bioautomatica
Calcolatori elettronici
Calcolo numerico e programmazione
Campi elettromagnetici e circuiti I
Campi elettromagnetici e circuiti II
Comunicazioni elettriche I
Comunicazioni elettriche II
Controlli automatici
Controlli automatici I
Controlli automatici II
Controllo dei processi

Elettronica applicata
Elettronica applicata I
Elettronica applicata II
Elettronica applicata III
Elettronica industriale
Elettronica nucleare
Elettronica quantistica
Gestione dell'informazione
Linguaggi di programmazione
Metodi di osservazione e misura
Metodi di ottimizzazione
Microelettronica
Microonde
Misure elettriche
Progettazione automatica dei circuiti elettronici
Programmazione dei calcolatori elettronici
Radiotecnica
Reti logiche
Ricerca operativa
Sistemi per l'elaborazione dell'informazione
Statistica applicata
Strumentazione biomedica
Tecnologie dei sistemi di controllo
Teoria dei sistemi
Teoria dei sistemi e del controllo

Dipartimento di Fisica
Fisica I
Fisica II
Fisica atomica
Fisica nucleare

Dipartimento di Matematica
Analisi matematica I
Analisi matematica II
Analisi numerica
Complementi di matematiche
Geometria
Meccanica razionale

Istituto di Architettura ed urbanistica
Architettura e composizione architettonica
Architettura tecnica
Tecnica urbanistica
Caratteri distributivi degli edifici
Complementi di tecnica urbanistica

Costruzioni per l'industria
Disegno (Civili)
Disegno II (Civili)
Elementi di architettura tecnica
Processi industriali applicati all'edilizia
Programmazione dello sviluppo e dell'assetto del territorio
Storia dell'architettura e dell'urbanistica
Tecnica ed organizzazione dei cantieri
Tecniche di analisi territoriale

Istituto Chimico
Chimica
Chimica applicata
Chimica e tecnologia dei prodotti ceramici
Chimica fisica
Chimica fisica (Elettronici)
Chimica fisica dei materiali elettrici
Chimica fisica dei materiali nucleari
Chimica fisica dei polimeri
Chimica organica
Ciclo del combustibile nucleare
Combustibili nucleari
Metallurgia e metallografia
Scienza dei materiali
Strumentazione chimica
Sviluppo e disegno degli impianti chimici

Istituto di Costruzioni idrauliche
Costruzioni idrauliche
Acquedotti e fognature
Complementi di idrologia
Costruzioni marittime e fluviali
Difesa e conservazione del suolo
Idrologia e idrografia
Impianti idroelettrici e di rivalutazione dell'energia
Impianti idraulici
Pianificazione delle risorse idriche
Tecnica della progettazione idraulica

Istituto di Costruzioni di strade, ferrovie ed aeroporti
Costruzioni di strade, ferrovie ed aeroporti
Complementi di costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti
Consolidamento dei terreni
Fondamenti di economia ed estimo

Geotecnica
Principi di diritto

Istituto di Elettrotecnica
Elettrotecnica
Elettrotecnica I
Elettrotecnica II
Calcolo delle macchine elettriche
Centrali elettriche
Complementi di macchine elettriche
Costruzioni elettromeccaniche
Macchine e impianti elettrici
Macchine elettriche

Istituto di Elettrotecnica industriale
Applicazioni industriali dell'elettrotecnica
Complementi di misure elettriche
Economia ed organizzazione aziendale (Elettrotecnici, Elettronici)
Esercizio delle reti elettriche di energia
Impianti elettrici
Impianti idroelettrici e di rivalutazione dell'energia
Materiali speciali per l'elettronica
Misure elettriche (Elettrotecnici, Elettronici A-K)
Misure e regolazione degli impianti elettrici
Tecnica delle alte tensioni
Tecnologie elettriche

Istituto di Fisica del reattore e Tecnologie nucleari
Fisica del reattore nucleare
Cinetica e controllo del reattore nucleare
Codici di calcolo per reattori nucleari
Complementi di neutronica
Elementi di ingegneria del reattore nucleare
Misura delle radiazioni e protezione
Problemi matematici dei reattori nucleari
Reattori avanzati
Strumentazione e regolazione degli impianti nucleari
Tecnologia dei materiali nucleari

Istituto di Fisica tecnica
Fisica tecnica
Acustica applicata ed illuminotecnica
Impianti tecnici civili
Termotecnica del reattore

Istituto di Idraulica
Aerodinamica
Idraulica
Controlli idraulici e pneumatici
Idraulica fluviale
Misure e modelli idraulici

Istituto di Impianti chimici
Impianti chimici
Impianti chimici II
Analisi dei sistemi dell'ingegneria chimica
Chimica industriale
Dinamica e controllo dei processi chimici
Principi di ingegneria chimica
Principi di ingegneria chimica II
Proprietà termodinamiche e di trasporto
Tecnologia chimica del disinquinamento
Tecnologia dei materiali e chimica applicata
Teoria e sviluppo dei processi chimici

Istituto di Impianti meccanici e macchine speciali
Impianti meccanici
Complementi di impianti meccanici
Disegno (Chimici)
Impianti nucleari
Impianti tecnici industriali
Pianificazione degli impianti meccanici

Istituto di Macchine
Macchine
Complementi di macchine
Dinamica e controllo delle macchine a fluido
Disegno (Meccanici, Minerari)
Disegno (Elettrotecnici, Nucleari)
Generatori di vapore
Meccanica applicata alle macchine e macchine
Meccanica delle macchine e macchine (Elettronici L-Z)
Misure meccaniche e termiche
Strumentazione industriale
Turbomacchine

Istituto di Meccanica applicata alle macchine
Meccanica applicata alle macchine
Meccanica delle macchine
Meccanica delle macchine e macchine (Elettronici A-K)
Costruzione di macchine

Complementi di costruzione di macchine
Complementi di meccanica applicata
Costruzioni nucleari
Disegno (Elettronici)
Disegno II (Meccanici, Minerari)
Progettazione assistita di strutture meccaniche

Istituto di Progetti di macchine, Tecnologie meccaniche e Costruzioni aeronautiche
Progetti di macchine
Tecnologia meccanica
Costruzioni aeronautiche
Analisi sperimentale delle tensioni
Cicli di fabbricazione
Costruzione di apparecchiature chimiche
Costruzione di macchine automatiche
Economia ed organizzazione aziendale (Meccanici, Civili)
Macchine utensili
Organizzazione della produzione
Scienza dei metalli
Tecnologia dei materiali
Tecnologie generali

Istituto di Scienza delle costruzioni
Scienza delle costruzioni
Analisi strutturale con l'elaboratore elettronico
Complementi di scienza delle costruzioni
Dinamica delle strutture

Istituto di Scienze minerarie
Arte mineraria
Giacimenti minerari
Idrogeologia applicata
Impianti minerari
Meccanica dei giacimenti di idrocarburi
Meccanica delle rocce
Misure e controlli dei giacimenti di idrocarburi
Preparazione dei minerali
Produzione e trasporto degli idrocarburi
Tecnica dei sondaggi

Istituto di Tecnica delle costruzioni
Tecnica delle costruzioni
Complementi di tecnica delle costruzioni
Costruzione di ponti
Tecnica delle fondazioni

Istituto di Tecnica ed economia dei trasporti
Tecnica ed economia dei trasporti
Complementi di tecnica ed economia dei trasporti
Tecnica della circolazione
Trazione elettrica
Trazione e propulsione

Istituto di Topografia, Geodesia e Geofisica mineraria
Topografia
Geofisica mineraria
Litologia e Geologia

Insegnamenti non annessi ad Istituti della Facoltà

Istituto di Geologia della Facoltà di Scienze
Geologia

Istituto di Mineralogia della Facoltà di Scienze
Mineralogia e petrografia

ELENCO DEGLI INSEGNAMENTI DELLA FACOLTA' a.a. 1984/85
(equivalenze con insegnamenti del vecchio ordinamento sono riportate a pag. 30)

			pag.
	Biennio propedeutico		
1349 ANALISI MATEMATICA I	(civili)	S. Matarasso	81
1350 ANALISI MATEMATICA I	(meccanici, elettrot., chimici, minerari, nucleari)	G. Fanti	155
1352 ANALISI MATEMATICA I	(elettronici A-K)	P.L. Papini	268
1352 ANALISI MATEMATICA I	(elettronici L-Z)	B.R. Bellomo	268
1353 ANALISI MATEMATICA II	(civili)	A. Malferrari	81
1354 ANALISI MATEMATICA II	(meccanici, elttrot., chimici, minerari, nucleari)	E. Obrecht	157
1356 ANALISI MATEMATICA II	(elettronici A-K)	L. Cerofolini	269
1356 ANALISI MATEMATICA II	(elettronici L-Z)	C. Ravaglia	269
6464 CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE	(elettronici A-K)	R. Rossi	273
6464 CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE	(elettronici L-Z)	P. Toth	273
1357 CHIMICA	(civili)	G. Milani	82
1358 CHIMICA	(meccanici, minerari)	L. Greci	158
1360 CHIMICA	(elettrot., chimici, nucleari)	P. Manaresi	223
1361 CHIMICA	(elettronici A-K)	F. Zignani	276
1361 CHIMICA	(elettronici L-Z)	B. Fortunato	276
92 CHIMICA APPLICATA	(meccanici, mineari)	V. Passalacqua	159
6792 CHIMICA APPLICATA	(chimici)	L. Pentimalli	224
148 CHIMICA ORGANICA	(chimici)	L. Marchetti	231
1362 DISEGNO	(civili)	V. Valeriani	83
1363 DISEGNO	(meccanici, minerari)	V. Parenti Castelli	169
1364 DISEGNO	(elettrot., chimici, nucleari)	F. Persiani	200
1365 DISEGNO	(elettronici A-K)	F. Terragni	285
1365 DISEGNO	(elettronici L-Z)	A. Strozzi	285
3656 DISEGNO II	(08, ind. 1,2,3,7,8,9)	G. Praderio	84
3656 DISEGNO II	(08, ind. 4,5,6) (09) (10)	A. Pratelli	85
3781 DISEGNO II	(meccanici, minerari)	G. Conti	170
1366 FISICA I	(civili)	I. Massa	87
1367 FISICA I	(meccanici, minerari)	A. Vitale	172
1368 FISICA I	(elettrot., chimici, nucleari)	E. Verondini	206
1369 FISICA I	(elettronici A-K)	F. Verniani	295
1369 FISICA I	(elettronici L-Z)	G. Vannini	295
1370 FISICA II	(civili)	A. Bertin	88
1371 FISICA II	(meccanici, minerari)	A. Vitale	173
1373 FISICA II	(elettrot., chimici, nucleari)	F. Saporetti	207
1372 FISICA II	(elettronici A-K)	C. Moroni	297
1372 FISICA II	(elettronici L-Z)	A. Gandolfi	297
406 FISICA ATOMICA	(nucleari)	A. Uguzzoni	334
1374 GEOMETRIA	(civili)	L. Molinari	89

			pag.
1375 GEOMETRIA	(meccanici, minerari, elettrot., chimici, nucleari)	L. Cavalieri D'Oro	209
1377 GEOMETRIA	(elettronici A-K)	M. Ferri	299
1377 GEOMETRIA	(elettronici L-Z)	L. Pezzoli	299
661 LITOLOGIA E GEOLOGIA	(civili)	G.C. Carloni	90
1378 MECCANICA RAZIONALE	(civili)	T.A. Ruggeri	91
1380 MECCANICA RAZIONALE	(meccanici, minerari, elettrot., chimici, nucleari)	M. Fabrizio	180
1381 MECCANICA RAZIONALE	(elettronici A-K)	P.P. Abbati Marescotti	304
1381 MECCANICA RAZIONALE	(elettronici L-Z)	C. Tebaldi	304
2004 METODI DI OSSERVAZIONE E MISURA	(elettronici, elettrot.)	F. Malaguti	305
5725 MINERALOGIA E PETROGRAFIA	(minerari)	R. Mezzetti	261
5711 PROGRAMMAZIONE DEI CALCOLATORI ELETTRONICI	(elettrotecn.)	L. Ambrosini	216
1043 TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA	(civili)	L. Cini	92
1044 TECNOLOGIA DEI MATERIALI NUCLEARI	(nucleari)	P. Strocchi	346

Triennio di applicazione

(il numero di codice tra parentesi indica il Corso di Laurea di appartenenza)

2006 ACQUEDOTTI E FOGNATURE	(semestrale (08)	P. Guerrini	112
5564 ACUSTICA APPLICATA E ILLUMINOTECNICA	(08) (03)	R. Pompoli	112
02 AERODINAMICA	(02) (09)	G. Scarpi	155
5801 ANALISI DEI SISTEMI DELL'INGEGNERIA CHIMICA	(04)	G. Spadoni	221
4524 ANALISI NUMERICA	(06)	A. Alliney	270
4117 ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI	(02)	A. Freddi	157
5565 ANALISI STRUTTURALE CON L'ELABORATORE ELETTRONICO	(08)	A. Tralli	114
2237 APPLICAZIONI INDUSTRIALI DELL'ELETTROTECNICA	(03)	M. Loggini	194
50 ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA	(08)	L. Lugli	115
3870 ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA II	(08)	G. Praderio	117
51 ARCHITETTURA TECNICA	(08, ind. 1,2,3,7,8,9)	I. Tagliaventi	94
51 ARCHITETTURA TECNICA	(08, ind. 4,5,6) (09) (10)	A.C. Dell'Acqua	95
54 ARTE MINERARIA	(05)	D. Vitali	254
1679 AUTOMAZIONE E ORGANIZZAZIONE SANITARIA	(06)	A. Gnudi	271
3569 BIOAUTOMATICA	(06)	E. Belardinelli	272
3716 CALCOLATORI ELETTRONICI	(06)	M. Boari	272
81 CALCOLO DELLE MACCHINE ELETTRICHE	(03)	A. Grande	195
6461 CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE	(08)	S. Martello	118
6462 CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE	(02) (04) (05)	A. Natali	222
5698 CAMPI ELETTROMAGNETICI E CIRCUITI I	(06 A-K)	G.C. Corazza	275
5698 CAMPI ELETTROMAGNETICI E CIRCUITI I	(06 L-Z)	V. Rizzoli	275
5699 CAMPI ELETTROMAGNETICI E CIRCUITI II	(06)	M. Zoboli	276
85 CARATTERI DISTRIBUTIVI DEGLI EDIFICI	(08)	G. Trebbi	119
86 CENTRALI ELETTRICHE	(03)	N. Negrini	196
115 CHIMICA E TECNOLOGIA DEI PRODOTTI CERAMICI	(04)	C. Palmonari	225
122 CHIMICA FISICA	(04)	P. Chiorboli	226

			pag.
6465	CHIMICA FISICA (per Elettronici) (06)	A. Desalvo	277
5693	CHIMICA FISICA DEI MATERIALI ELETTRICI (03)	F. Sandrolini	197
2046	CHIMICA FISICA DEI MATERIALI NUCLEARI (07)	D. Nobili	321
4123	CHIMICA FISICA DEI POLIMERI (04)	F. Pilati	228
137	CHIMICA INDUSTRIALE (04)	F. Magelli	230
4120	CICLI DI FABBRICAZIONE (02)	P. Bariani	160
6466	CICLO DEL COMBUSTIBILE NUCLEARE (07)	G. Cicognani	323
6467	CINETICA E CONTROLLO DEL REATTORE NUCLEARE (07)	P. Trombetti	324
6471	CODICI DI CALCOLO PER REATTORI NUCLEARI (07)	A. Chiarini	325
2826	COMBUSTIBILI NUCLEARI (07)	L. Bruzzi	326
2022	COMPLEMENTI DI COSTRUZIONE DI MACCHINE (02)	G. Medri	162
5797	COMPLEMENTI DI COSTRUZIONE DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI (08)	A. Bucchi	120
6805	COMPLEMENTI DI IDROLOGIA (09)	E. Todini	139
8076	COMPLEMENTI DI IMPIANTI MECCANICI (02)	M. Gentilini	163
2018	COMPLEMENTI DI MACCHINE (02)	G. Minelli	164
4118	COMPLEMENTI DI MACCHINE ELETTRICHE (03)	G.M. Rancoita	198
189	COMPLEMENTI DI MATEMATICHE (06 A-K)	F. Rossi Tesi	278
189	COMPLEMENTI DI MATEMATICHE (06 L-Z)	G.C. Barozzi	278
6472	COMPLEMENTI DI MECCANICA APPLICATA (02)	U. Meneghetti	165
4122	COMPLEMENTI DI MISURE ELETTRICHE (03)	M. Gasparini	198
4127	COMPLEMENTI DI NEUTRONICA (07)	V. Molinari	327
2816	COMPLEMENTI DI SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (08)	F. Laudiero	121
2010	COMPLEMENTI DI TECNICA DELLE COSTRUZIONI (civili)	C. Ceccoli	95
1956	COMPLEMENTI DI TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI (10)	G. Foresti	150
2009	COMPLEMENTI DI TECNICA URBANISTICA (08) (10)	S. Casini	122
4179	COMUNICAZIONI ELETTRICHE I (06 A-K)	L. Calandrino	280
4179	COMUNICAZIONI ELETTRICHE (06 L-Z)	G. Immovilli	280
5700	COMUNICAZIONI ELETTRICHE II (06)	G. Corazza	281
4125	CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI (09) (10) (05)	A. Bucchi	139
196	CONTROLLI AUTOMATICI (03) (07)	G. Marro	199
3694	CONTROLLI AUTOMATICI I (06 A-K)	E. Sarti	282
3694	CONTROLLI AUTOMATICI I (06 L-Z)	G. Bertoni	282
3695	CONTROLLI AUTOMATICI II (06)	M. Tibaldi	282
2015	CONTROLLI IDRAULICI E PNEUMATICI (09)	A. Rubatta	140
4126	CONTROLLO DEI PROCESSI (06)	C. Bonivento	283
2030	COSTRUZIONE DI APPARECCHIATURE CHIMICHE (04)	V. Dal Re	232
201	COSTRUZIONE DI MACCHINE (02)	G. Favretti	165
1384	COSTRUZIONE DI MACCHINE (07)	A. Strozzi	328
5798	COSTRUZIONE DI MACCHINE AUTOMATICHE (02)	G. Vassura	166
198	COSTRUZIONE DI PONTI (civili)	M. Merli	96
204	COSTRUZIONE DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI (civili)	P.V. Righi	97
199	COSTRUZIONI AERONAUTICHE (02) (10)	F. Persiani	167
205	COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE (03) (07)	B. Brunelli	200
206	COSTRUZIONI IDRAULICHE (09)	B. Poggi	140
2014	COSTRUZIONI MARITTIME E FLUVIALI (09)	F. Zoccoli	142
4053	COSTRUZIONI METALLICHE (08)	G. Matildi	124
4128	COSTRUZIONI NUCLEARI (07)	S. Curioni	329
5690	COSTRUZIONI PER L'INDUSTRIA (08) (03) (04)	C. Comani	125
4131	DIFESA E CONSERVAZIONE DEL SUOLO (09) (08) (05)	A. Bizzarri	143

			pag.
6200	DINAMICA DELLE STRUTTURE (08)	P.L. Sacchi	126
8545	DINAMICA E CONTROLLO DEI PROCESSI CHIMICI (04)	G. Pasquali	233
6468	DINAMICA E CONTROLLO DELLE MACCHINE A FLUIDO (02)	C. Bonacini	168
251	ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (03) (06)	D. Zanobetti	201
251	ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (02) (08)		171
4001	ELEMENTI DI ARCHITETTURA TECNICA (08)	G. Cuppini	128
6469	ELEMENTI DI INGEGNERIA DEL REATTORE NUCLEARE (07)	F. Pierantoni	330
270	ELETTRONICA APPLICATA (03)	V.A. Monaco	202
2438	ELETTRONICA APPLICATA I (06 A-K)	S. Graffi	287
2438	ELETTRONICA APPLICATA I (06 L-Z)	P.U. Calzolari	287
5809	ELETTRONICA APPLICATA II (06 A-K)	G. Baccarani	288
5809	ELETTRONICA APPLICATA II (06 L-Z)	B. Riccò	288
4314	ELETTRONICA APPLICATA III (06)	E. De Castro	290
2037	ELETTRONICA INDUSTRIALE (06)	F. Filicori	291
271	ELETTRONICA NUCLEARE (07)	V.A. Monaco	331
2034	ELETTRONICA QUANTISTICA (06)	M. Rudan	292
275	ELETTROTECNICA (civili A-K) (05)	C. Tassoni	98
275	ELETTROTECNICA (civili L-Z)	R. Miglio	98
6794	ELETTROTECNICA (02)	E. Sacchetti	171
6793	ELETTROTECNICA (04) (05)	M.L. Ambrosini	235
8082	ELETTROTECNICA (07)	F. Negrini	332
277	ELETTROTECNICA I (03)	U. Reggiani	203
6795	ELETTROTECNICA I (06 A-K)	F. Ciampolini	293
6795	ELETTROTECNICA I (06 L-Z)	P.R. Ghigi	293
279	ELETTROTECNICA II (03)	R. Troili	204
6807	ELETTROTECNICA II (06)	F. Ciampolini	294
5695	ESERCIZIO DELLE RETI ELETTRICHE DI ENERGIA (03)	G. Malaman	205
409	FISICA DEL REATTORE NUCLEARE (07)	V. Boffi	335
422	FISICA NUCLEARE (07)	V. Benzi	336
430	FISICA TECNICA (civili A-K) (05)	A. Cocchi	99
430	FISICA TECNICA (civili L-Z)	G. Raffellini	99
6796	FISICA TECNICA (02)	S. Salvigni	174
6797	FISICA TECNICA (03) (04) (07)	E. Zanchini	208
6798	FISICA TECNICA (06 A-K)	G.S. Barozzi	298
6798	FISICA TECNICA (06 L-Z)	V. Tarabusi	298
447	FONDAMENTI DI ECONOMIA ED ESTIMO (08) (10)	F. Spina	100
5517	GENERATORI DI VAPORE (02)		175
454	GEOFISICA MINERARIA (05)	D. Postpischl	255
464	GEOLOGIA (05)	C. Elmi	256
2007	GEOTECNICA (semestrale) (civili) (05)	P.V. Righi	102
5573	GESTIONE DELL'INFORMAZIONE (06)	P. Tiberio	300
482	GIACIMENTI MINERARI (05)	G. Simboli	256
490	IDRAULICA (civili A-K) (05)	G.L. Bragadin	103
490	IDRAULICA (civili L-Z)	A. Rubatta	103
6799	IDRAULICA (02) (07)	A. Lamberti	175
6800	IDRAULICA (03)		210
5566	IDRAULICA FLUVIALE (09)	A. Lamberti	144
4135	IDROGEOLOGIA APPLICATA (semestrale) (05)	G. Brighenti	257
496	IDROLOGIA E IDROGRAFIA (09) (05)	P. Guerrini	145
501	IMPIANTI CHIMICI (04)	U. Lelli	235

		pag.
502 IMPIANTI CHIMICI II (04)	A. Gatta	237
5843 IMPIANTI ELETTRICI (03)	M. Pezzi	210
504 IMPIANTI ELETTRICI (06)	D. Zanobetti	301
5691 IMPIANTI IDRAULICI (09)	F. Zoccoli	146
4134 IMPIANTI IDROELETTRICI E DI RIVALUTAZIONE DELL'ENERGIA (03)	P. Lamberti	211
515 IMPIANTI MECCANICI (02)	S. Fabbri	176
516 IMPIANTI MINERARI (05)	F. Ciancabilla	258
517 IMPIANTI NUCLEARI (07)	A. Sobrero	336
522 IMPIANTI TECNICI CIVILI (08)	E. Tartarini	128
6541 IMPIANTI TECNICI INDUSTRIALI (02)	G. Coli	177
4138 LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE (06)	F. Bonfatti	302
4022 MACCHINE (02)	C. Bonacini	178
8074 MACCHINE (03)	S. Sandrolini	212
663 MACCHINE (04) (05)	P. Pelloni	238
4313 MACCHINE (07)	G. Negri di Montenegro	337
665 MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICI (07)	F. Negrini	338
666 MACCHINE ELETTRICHE (03)	B. Brunelli	212
670 MACCHINE UTENSILI (02)	O. Zurla	178
5696 MATERIALI SPECIALI PER L'ELETTROTECNICA (03)	E. Goracci	213
687 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE (02)	E. Funaioli	180
8073 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE (03)	V. Parenti Castelli	214
1385 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE (04) (05)	E. Prati	239
688 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE E MACCHINE (civili)	G. Negri di Montenegro	103
690 MECCANICA DEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI (05) (09)	G.C. Borgia	259
2631 MECCANICA DELLE MACCHINE (07)	A. Maggiore	339
2632 MECCANICA DELLE MACCHINE E MACCHINE (06 A-K)	A. Andrisano	303
2632 MECCANICA DELLE MACCHINE E MACCHINE (06 L-Z)	G. Cantore	303
4114 MECCANICA DELLE ROCCE (05)	A. Paretini	260
2021 METALLURGIA E METALLOGRAFIA (04)	G. Poli	240
5701 METODI DI OTTIMIZZAZIONE (06)	P. Toth	306
5702 MICROELETTRONICA (06)	G. Soncini	308
2191 MICROONDE (06)	G. Falciasecca	309
730 MISURA DELLE RADIAZIONI E PROTEZIONE (07)	P. Amadesi	340
731 MISURE E CONTROLLI NEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI (05)	G.L. Chierici	262
732 MISURE ELETTRICHE (03)	A. Burchiani	215
1386 MISURE ELETTRICHE (06 A-K)	M. Rinaldi	310
1386 MISURE ELETTRICHE (06 L-Z)	A. Menchetti	310
2013 MISURE E MODELLI IDRAULICI (09)	F. Lazzari	147
5697 MISURE E REGOLAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI (03)	D. Mirri	216
1140 MISURE MECCANICHE E TERMICHE (02)	G. Minelli	182
2020 ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE (02)		183
6937 PIANIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI MECCANICI (02)	A. Pareschi	185
5567 PIANIFICAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE (09)	E. Todini	148
805 PREPARAZIONE DEI MINERALI (05)	F. Ciancabilla	263
812 PRINCIPI DI DIRITTO (semestrale) (08)	M. Bernardini	130
814 PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA (04)	F. Foraboschi	241
4641 PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA II (04)	F. Santarelli	243
5804 PROBLEMI MATEMATICI DEI REATTORI NUCLEARI (07)	G. Spiga	343

			pag.
5568	PROCESSI INDUSTRIALI APPLICATI ALL'EDILIZIA (08)	F. Nuti	130
816	PRODUZIONE E TRASPORTO DEGLI IDROCARBURI (05)	G. Gottardi	264
5799	PROGETTAZIONE ASSISTITA DI STRUTTURE MECCANICHE (02)	P.G. Molari	186
8078	PROGETTAZIONE URBANISTICA (08)	C. Porrino	132
818	PROGETTI DI MACCHINE (02)	G. Bartolozzi	187
8079	PROGETTI PER LA RISTRUTTURAZIONE ED IL RISANAMENTO EDILIZIO (08)	G. Cuppini	133
5569	PROGRAMMAZIONE DELLO SVILUPPO E DELL'ASSETTO DEL TERRITORIO (08)	A. Corlaita	134
5802	PROPRIETA' TERMODINAMICHE E DI TRASPORTO (04)	G.C. Sarti	244
877	RADIOTECNICA (06)	G. Falciasecca	311
6806	REATTORI AVANZATI (07)	F. Premuda	344
5579	RETI LOGICHE (06 A-K)	R. Laschi	312
5579	RETI LOGICHE (06 L-Z)	E. Faldella	312
884	RICERCA OPERATIVA (06) (10)	G. Carpaneto	313
2235	SCIENZA DEI MATERIALI (04)	F. Sandrolini	246
886	SCIENZA DEI METALLI (02)		187
890	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (civili A-K) (05)	M. Capurso	104
890	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (civili L-Z)	A. Cannarozzi	104
6801	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (02) (04) (07)	A. Di Tommaso	188
6802	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (06 A-K)	E. D'Anna	314
6802	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (06 L-Z) (03)	E. Viola	314
3980	SISTEMI PER L'ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE (06)	G. Neri	315
2038	STATISTICA APPLICATA (06)	A. Tonielli	316
5570	STORIA DELL'ARCHITETTURA E DELL'URBANISTICA (08)	L. Lugli	135
4152	STRUMENTAZIONE BIOMEDICA (06)	E. Belardinelli	316
1143	STRUMENTAZIONE CHIMICA (04)	L. Marchetti	247
2044	STRUMENTAZIONE ELETTRONICA (06)	C. Morandi	317
4146	STRUMENTAZIONE INDUSTRIALE (02)	S. Fabbri	189
6470	STRUMENTAZIONE E REGOLAZIONE DEGLI IMPIANTI NUCLEARI (07)	F. Cesari	345
5819	SVILUPPO E DISEGNO DEGLI IMPIANTI CHIMICI (04)	W. Neri	248
1019	TECNICA DEI SONDAGGI (05) (09)	G. Brighenti	265
2011	TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE (10) (08) (02) (03)	G. Praitoni	151
5705	TECNICA DELLA PROGETTAZIONE IDRAULICA (09)	S. Artina	149
4153	TECNICA DELLE ALTE TENSIONI (03)	G. Pattini	217
1026	TECNICA DELLE COSTRUZIONI (civili A-K) (05)	P. Pozzati	105
1026	TECNICA DELLE COSTRUZIONI (civili L-Z)	R. Alessi	105
2008	TECNICA DELLE FONDAZIONI (semestrale) (civili) (05)	M. Merli	106
1031	TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI (10) (08) (02) (03)	A. Orlandi	152
5572	TECNICA ED ORGANIZZAZIONE DEI CANTIERI (08)	F. Spina	136
1034	TECNICA URBANISTICA (08, ind. 1,2,3,7,8,9)	C. Monti	108
1034	TECNICA URBANISTICA (08, ind. 4,5,6) (09) (10)	G. Crocioni	108
5571	TECNICHE DI ANALISI TERRITORIALE (08)	P. Secondini	137
6529	TECNOLOGIA CHIMICA DEL DISINQUINAMENTO (04)	F. Foraboschi	250
2224	TECNOLOGIA DEI MATERIALI (02)	D. Veschi	190
1037	TECNOLOGIA MECCANICA (02)	F. Soavi	191
5574	TECNOLOGIE DEI SISTEMI DI CONTROLLO (06)	G. Marro	318
1046	TECNOLOGIE ELETTRICHE (03)	L. Simoni	218
2049	TECNOLOGIE GENERALI (07) (03) (04)	G. Favretti	348
4115	TEORIA DEI SISTEMI (06 A-K)	R. Guidorzi	319

		pag.
4115 TEORIA DEI SISTEMI (06 L-Z)	S. Beghelli	319
6803 TEORIA DEI SISTEMI (07)	G. Basile	349
5692 TEORIA DEI SISTEMI E DEL CONTROLLO (civili)	G. Capitani Catelli	109
1142 TEORIA E SVILUPPO DEI PROCESSI CHIMICI (04)	C. Stramigioli	252
1059 TERMOTECNICA DEL REATTORE (07)	E. Lorenzini	350
1061 TOPOGRAFIA (08, ind. Territorio) (09) (10)	G. Folloni	110
1061 TOPOGRAFIA (08, ind. Arch; Costr.; Imp. A-K)	M. Unguendoli	110
1061 TOPOGRAFIA (08, ind. Arch.; Costr.; Imp. L-Z)	A. Gubellini	110
6804 TOPOGRAFIA (05)	L. Pieri	266
1068 TRAZIONE ELETTRICA (03)	E. Masi	219
2016 TRAZIONE E PROPULSIONE (10) (02)	A. Orlandi	154
8081 TURBOMACCHINE (02)	R. Bettocchi	192

EQUIVALENZE FRA INSEGNAMENTI DEL NUOVO E DEL VECCHIO ORDINAMENTO

Ingegneria Civile

6461 Calcolo numerico e programmazione	(83)	Calcolo elettronico
5690 Costruzioni per l'industria	(350)	Fabbricati e costruzioni industriali
5691 Impianti idraulici	(518)	Impianti speciali idraulici
5692 Teoria dei sistemi e del controllo	(1382)	Controlli automatici

Ingegneria Meccanica

6462 Calcolo numerico e programmazione	(83)	Calcolo elettronico
6468 Dinamica e controllo delle macchine a fluido	(901)	Servocomandi e regolazione
1140 Misure meccaniche e termiche	(2019)	Misure meccaniche

Ingegneria Elettrotecnica

2237 Applicazioni industriali dell'elettrotecnica	(2468)	Complementi di elettrotecnica
5711 Programmazione dei calcolatori elettronici	(4501)	Calcolo numerico e programmazione
	(189)	Complementi di matematiche (per Elettrot.)
86 Centrali elettriche	(4121)	Centrali e stazioni elettriche
5693 Chimica fisica dei materiali elettrici	(2025)	Chimica dei materiali elettrici
5694 Economia dell'ingegneria	(251)	Economia ed organizzazione aziendale
5695 Esercizio delle reti elettriche di energia	(508)	Impianti elettrici II
5843 Impianti elettrici	(506)	Impianti elettrici I
5696 Materiali speciali per l'elettrotecnica	(4139)	Materiali speciali per l'elettrotecnica e l'elettronica
5697 Misure e regolazione degli impianti elettrici	(4151)	Strumentazione e regolazione degli impianti elettrici

Ingegneria Chimica

5801 Analisi dei sistemi dell'ingegneria chimica	(4124)	Complementi di chimica industriale
6462 Calcolo numerico e programmazione	(83)	Calcolo elettronico
8545 Dinamica e controllo dei processi chimici	(4129)	Dinamica e controllo delle apparecchiature chimiche
2235 Scienza dei materiali	(1388)	Tecnologia dei materiali
1143 Strumentazione chimica	(1011)	Strumentazione chimica e analisi strumentale
5819 Sviluppo e disegno degli impianti chimici	(525)	Industria del petrolio e petrolchimica
1142 Teoria e sviluppo dei processi chimici	(2031)	Teoria e sviluppo dei processi

Ingegneria Elettronica

6464 Calcolo numerico e programmazione	(83)	Calcolo elettronico
5698 Campi elettromagnetici e circuiti I	(84)	Campi elettromagnetici e circuiti
5699 Campi elettromagnetici e circuiti II	(2033)	Teoria dei circuiti
6465 Chimica fisica (per Elettronici)	(123)	Chimica fisica dello stato solido
4179 Comunicazioni elettriche I	(192)	Comunicazioni elettriche
5700 Comunicazioni elettriche II	(1025)	Tecnica delle comunicazioni elettriche
3694 Controlli automatici I	(196)	Controlli automatici

(*segue*)

3695	Controlli automatici II	(4154)	Tecniche di controllo
5809	Elettronica applicata II	(4155)	Tecnica degli impulsi
4314	Elettronica applicata III	(2439)	Elettronica applicata II
5701	Metodi di ottimizzazione	(4132)	Elementi di analisi funzionale
5702	Microelettronica	(2039)	Tecnologie dei semiconduttori
2191	Microonde	(2032)	Tecnica delle microonde
5579	Reti logiche	(2041)	Reti logiche e calcolatori elettronici
884	Ricerca operativa	(2017)	Teoria e tecnica della ricerca operativa

Ingegneria Nucleare

6466	Ciclo del combustibile nucleare	(2077)	Impianti chimici nucleari
6471	Codici di calcolo per reattori nucleari	(1383)	Calcolo elettronico
2826	Combustibili nucleari	(2047)	Chimica nucleare
6469	Elementi di ingegneria del reattore nucleare	(2042)	Progetto del reattore nucleare
5804	Problemi matematici dei reattori nucleari	(189)	Complementi di matematiche (per Nucleari)
6470	Strumentazione e regolazione degli impianti nucleari	(1378)	Strumentazione e regolazione degli impianti

CALENDARIO LEZIONI ANNO ACCADEMICO 1984-85

a) Insegnamenti a svolgimento intensivo

Gli insegnamenti vengono impartiti in due cicli di lezioni:

I ciclo*: dal 5 novembre 1984 al 9 febbraio 1985 (vacanze natalizie: 23 dicembre - 6 gennaio).

II ciclo: dall'11 marzo 1985 all'8 giugno 1985 (vacanze pasquali: 4 aprile - 10 aprile 1985).

b) Insegnamenti a svolgimento estensivo

I anno: dal 5 novembre 1984 al 25 maggio 1985 (vacanze natalizie e pasquali come per i corsi intensivi).

II, III, IV, V anno: le lezioni verranno tenute negli stessi periodi di quelle dei cicli intensivi, con la stessa interruzione a febbraio/marzo e con le stesse vacanze.

Per quanto riguarda l'insegnamento di "Disegno" del corso di laurea in ingegneria elettronica (estensivo al I anno) le lezioni seguiranno il calendario degli insegnamenti intensivi per omogeneità con gli altri insegnamenti dello stesso anno, che sono intensivi.

CALENDARIO ESAMI DI PROFITTO E DI LAUREA ANNO ACCADEMICO 1984-85

1) Sessione invernale a.a. 1983-84; 1 febbraio - 28 febbraio 1985 prorogabile fino al 30 marzo 1985.
2) Anticipo sessione estiva a.a. 1984-85 (*): 11 febbraio - 30 marzo 1985 prorogabile fino al 11 maggio 1985 per gli esami delle materie del I ciclo e 1 aprile - 11 maggio 1985 per esami delle materie la cui firma di frequenza sia stata conseguita in a.a. precedenti.
3) Sessione estiva a.a. 1984-85: inizio 10 giugno 1985, termine 30 luglio 1985.
4) Sessione autunnale a.a. 1984-85: si svolgerà secondo il calendario ufficiale dell'ateneo, con inizio il 16 settembre 1985 e termine non prorogabile il 14 dicembre 1985.
5) Esami di Laurea:
   1984: 12 Dicembre
   1985: 20 Febbraio, 20 Marzo, 26 Giugno, 17 Luglio, 23 Ottobre.

(*) Per il II, IV, e V anno del Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica, in via sperimentale, le lezioni del I ciclo avranno svolgimento dal 15 Ottobre 1984 al 19 Gennaio 1985 e l'anticipo della sessione estiva di esami avrà inizio il 21 Gennaio 1985.

Si fa notare che la sessione invernale ha termine inderogabilmente il 30 marzo e che in tale sessione è consentito sostenere solamente due esami (ad eccezione degli studenti fuori corso da oltre un anno).

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1984/85

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE (SEZ. EDILE) - COD. 2008

Anno di corso	Corsi a svolgimento estensivo		Corsi a svolgimento intensivo			
	N. cod.		N. cod.	I ciclo	N. cod.	II ciclo
I anno	1349	Analisi matematica I				
	1357	Chimica				
	1362	Disegno				
	1366	Fisica I				
	1374	Geometria				
II anno	1353	Analisi matematica II				
	3656	Disegno II				
	1370	Fisica II				
	661	Litologia e geologia				
	1378	Meccanica razionale				
	1043	Tecnologia dei materiali e chimica applicata				
III anno	430	Fisica tecnica	490	Idraulica	275	Elettrotecnica
	890	Scienza delle costruzioni				
	1061	Topografia				
	Una materia dell'indirizzo di specializzazione scelto					
IV anno	50	Architettura e composizione architettonica	688	Meccanica applicata alle macchine e macchine		
	51	Architettura tecnica				
	1026	Tecnica delle costruzioni				
	1034	Tecnica urbanistica				
	Una materia dell'indirizzo di specializzazione scelto					
V anno	50	Architettura e composizione architettonica**			447	Fondamenti di economia ed estimo*
	204	Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti				
	Quattro materie dell'indirizzo di specializzazione scelto					
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE	1. Indirizzo Architettura A					
	4001	Elementi di architettura tecnica (III)			5568	Processi industriali applicati alla edilizia (V)
	5570	Storia dell'architettura e dell'urbanistica (IV)				
	85	Caratteri distributivi degli edifici (V)				
	3870	Architettura e composizione architettonica II (V)				
	8079	Progetti per la ristrutturazione ed il risanamento edilizio (V)				
	2. Indirizzo Architettura B					
	8078	Progettazione urbanistica (III)				
	5570	Storia dell'architettura e dell'urbanistica (IV)	5690	Costruzioni per l'industria (V) (a)	5568	Processi industriali applicati all'edilizia (V)
	85	Caratteri distributivi degli edifici (V)				
	3870	Architettura e composizione architettonica II (V)				
	2009	Complementi di tecnica urbanistica (V) (a)				

(*) Per coloro che non hanno già frequentato tale insegnamento al IV anno.

(**) Solo per l'anno accademico 1984/85.

(segue)

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1984/85

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE (SEZ. EDILE) - COD. 2008

INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE

Anno di corso	Corsi a svolgimento estensivo		Corsi a svolgimento intensivo			
	N. cod.		N. cod.	I ciclo	N. cod.	II ciclo
				3. Indirizzo Architettura C		
	4001	Elementi di architettura tecnica (III)				
	5570	Storia dell'architettura e dell'urbanistica (IV)	5690	Costruzioni per l'industria (V)	5568	Processi industriali applicati all'edilizia (V)
	5572	Tecnica ed organizzazione dei cantieri (V)				
	8079	Progetti per la ristrutturazione ed il risanamento edilizio (V)				
				4. Indirizzo Architettura D		
	4001	Elementi di architettura tecnica (III)				
	5572	Tecnica ed organizzazione dei cantieri (V)	812	Principi di diritto (sem.) (IV)	2006	Acquedotti e fognature (sem.) (IV)
	8079	Progetti per la ristrutturazione ed il risanamento edilizio (V) (a)	5690	Costruzioni per l'industria (V)	5568	Processi industriali applicati alla edilizia (V) (a)
	5569	Programmazione dello sviluppo e dell'assetto del territorio (V) (b)				
	5571	Tecniche di analisi territoriale (V) (b)				
				5. Indirizzo Territorio A		
	8078	Progettazione urbanistica (III)				
	5570	Storia dell'architettura e dell'urbanistica (IV)				
	2009	Complementi di tecnica urbanistica (V)				
	5569	Programmazione dello sviluppo e dell'assetto del territorio (V)				
	5571	Tecniche di analisi territoriale (V)				
	85	Caratteri distributivi degli edifici (V)				
				6. Indirizzo Territorio B		
	8078	Progettazione urbanistica (III)				
	2009	Complementi di tecnica urbanistica (V)	1031	Tecnica ed economia dei trasporti (IV) (a)		
	5569	Programmazione dello sviluppo e dell'assetto del territorio (V)	812	Principi di diritto (sem.) (IV) (a)	2006	Acquedotti e fognature (sem.) (IV) (a)
	5571	Tecniche di analisi territoriale (V)	4131	Difesa e conservazione del suolo (V) (b)		
	8079	Progetti per la ristrutturazione ed il risanamento edilizio (V) (b)				
				7. Indirizzo Costruzioni A		
	5565	Analisi strutturale con elaboratore elettronico (V)	2007	Geotecnica (sem.) (V)	6461	Calcolo numerico e programmazione (III)
	2010	Complementi di tecnica delle costruzioni (V)			2816	Complementi di Scienza delle Costruzioni (IV)
	198	Costruzione di ponti (V)			6200	Dinamica delle strutture (IV)
					2008	Tecnica delle fondazioni (sem.) (V)
				8. Indirizzo Costruzioni B		
	4001	Elementi di architettura tecnica (III)	2007	Geotecnica (sem.) (V)	2816	Complementi di Scienza delle Costruzioni (IV)
	2010	Complementi di tecnica delle costruzioni (V)			6200	Dinamica delle strutture (IV)
	4053	Costruzioni metalliche (V)			5568	Processi industriali applicati all'edilizia (V)
	5572	Tecnica ed organizzazione dei cantieri (V)			2008	Tecnica delle fondazioni (sem.) (V)
				9. Indirizzo Impianti		
	4001	Elementi di architettura tecnica (III)	812	Principi di diritto (sem.) (IV)	2006	Acquedotti e fognature (sem.) (IV)
	2009	Complementi di tecnica urbanistica (V)	5564	Acustica applicata e illuminotecnica (V)		
	522	Impianti tecnici civili (V)				
	5572	Tecnica ed organizzazione dei cantieri (V)				

1) Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità. Due insegnamenti semestrali sono equivalenti ad uno annuale.

2) I numeri romani fra parentesi indicano l'anno o gli anni di corso in cui l'insegnamento può essere inserito nel piano di studi.

3) La Facoltà si riserva di apportare modifiche al presente piano di studi qualora si rendesse necessario in conseguenza dell'applicazione del D.P.R. 11.7.1980, n. 382.

a), b) Nell'ambito dell'indirizzo scelto lo studente può optare per uno dei due insegnamenti (a) ed uno dei due insegnamenti (b).

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1984/85

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE (SEZ. IDRAULICA) - COD. 2009

Anno di corso	Corsi a svolgimento estensivo		Corsi a svolgimento intensivo			
	N. cod.		N. cod.	I ciclo	N. cod.	II ciclo
I anno	1349	Analisi matematica I				
	1357	Chimica				
	1362	Disegno				
	1366	Fisica I				
	1374	Geometria				
II anno	1353	Analisi matematica II				
	3656	Disegno II				
	1370	Fisica II				
	661	Litologia e geologia				
	1378	Meccanica razionale				
	1043	Tecnologia dei materiali e chimica applicata				
III anno	430	Fisica tecnica	490	Idraulica	275	Elettrotecnica
	890	Scienza delle costruzioni	496	Idrologia e idrografia		
	1061	Topografia				
IV anno	51	Architettura tecnica	688	Meccanica applicata alle macchine e macchine		
	206	Costruzioni idrauliche				
	1026	Tecnica delle costruzioni				
	Due materie annuali dell'indirizzo di specializzazione scelto**					
V anno	204	Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti				
	5691	Impianti idraulici				
	5705	Tecnica della progettazione idraulica				
	Tre materie dell'indirizzo di specializzazione scelto					
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE	**1. Indirizzo Costruzioni**					
	2010	Complementi di tecnica delle costruzioni (V)	4131	Difesa e conservazione del suolo (V)	2008	Tecnica delle fondazioni (sem.) (IV)
	198	Costruzione di ponti (V)	2007	Geotecnica (sem.) (IV)		
	2014	Costruzioni marittime e fluviali (IV)				
	2. Indirizzo Idraulica teorica					
			2015	Controlli idraulici e pneumatici (V)	2	Aerodinamica (V)
			690	Meccanica dei giacimenti di idrocarburi (IV)	5566	Idraulica fluviale (IV)
			2013	Misure e modelli idraulici (V)		
	3. Indirizzo Impiantistico					
	522	Impianti tecnici civili (V)	2015	Controlli idraulici e pneumatici (V)	5566	Idraulica fluviale (IV)
			2013	Misure e modelli idraulici (V)		
			1019	Tecnica dei sondaggi (IV)		
	4. Indirizzo Territorio					
	5569	Programmazione dello sviluppo e dell'assetto del territorio (V)	6805	Complementi di idrologia (V)	5567	Pianificazione delle risorse idriche (V)
			4125	Consolidamento dei terreni (IV)		
			4131	Difesa e conservazione del suolo (V)		
			5692	Teoria dei sistemi e del controllo (IV)		

1) Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità. Due insegnamenti semestrali sono equivalenti ad un insegnamento annuale.
2) I numeri romani fra parentesi indicano l'anno o gli anni di corso in cui l'insegnamento può essere inserito nel piano di studi.
3) La Facoltà si riserva di apportare modifiche al presente piano di studi qualora si rendesse necessario in conseguenza dell'applicazione del D.P.R. 11.7.1980, n. 382.

(**) Per l'indirizzo costruzioni: una materia annuale e due semestrali.

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1984/85

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE (SEZ. TRASPORTI) - COD. 2010

Anno di corso	Corsi a svolgimento estensivo		Corsi a svolgimento intensivo			
	N. cod.		N. cod.	I ciclo	N. cod.	II ciclo
I anno	1349	Analisi matematica I				
	1357	Chimica				
	1362	Disegno				
	1366	Fisica I				
	1374	Geometria				
II anno	1353	Analisi matematica II				
	3656	Disegno II				
	1370	Fisica II				
	661	Litologia e geologia				
	1378	Meccanica razionale				
	1043	Tecnologia dei materiali e chimica applicata				
III anno	430	Fisica tecnica	490	Idraulica	275	Elettrotecnica
	890	Scienza delle costruzioni				
	1061	Topografia				
	Una materia dell'indirizzo di specializzazione scelto					
IV anno	51	Architettura tecnica	688	Meccanica applicata alle macchine e macchine	447	Fondamenti di economia ed estimo
	1026	Tecnica delle costruzioni				
	1034	Tecnica urbanistica	1031	Tecnica ed economia dei trasporti		
V anno	198	Costruzione di ponti				
	204	Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti				
	Quattro materie dell'indirizzo di specializzazione scelto					
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE	**1. Indirizzo Costruzioni**					
	2010	Complementi di tecnica delle costruzioni (V)	4125	Consolidamento dei terreni (V)	5797	Complementi di costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti (V)
			2007	Geotecnica (sem.) (V)	1956	Complementi di tecnica ed economia dei trasporti (V)
			5692	Teoria dei sistemi e del controllo (III)	2008	Tecnica delle fondazioni (sem.) (V)
	2. Indirizzo Territorio					
	2009	Complementi di tecnica urbanistica (V)	5692	Teoria dei sistemi e del controllo (III)	1956	Complementi di tecnica ed economia dei trasporti (V)
	2014	Costruzioni marittime e fluviali (V)			2011	Tecnica della circolazione (V)
	3. Indirizzo Trazione					
			199	Costruzioni aeronautiche (V)	1956	Complementi di tecnica ed economia dei trasporti (V)
			5692	Teoria dei sistemi e del controllo (III)	2011	Tecnica della circolazione (V)
			2016	Trazione e propulsione (V)		

1) Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità. Due insegnamenti semestrali sono equivalenti ad uno annuale.
2) I numeri romani fra parentesi indicano l'anno di corso in cui l'insegnamento può essere inserito nel piano di studi.
3) La Facoltà si riserva di apportare modifiche al presente piano di studi qualora si rendesse necessario in conseguenza dell'applicazione del D.P.R. 11.7.1980, n. 382.

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1984/85

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA - COD. 2002

Anno di corso	Corsi a svolgimento estensivo		Corsi a svolgimento intensivo			
	N. cod.		N. cod.	I ciclo	N. cod.	II ciclo
I anno	1350	Analisi matematica I				
	1358	Chimica				
	1363	Disegno				
	1367	Fisica I				
	1375	Geometria				
II anno	1354	Analisi matematica II				
	92	Chimica applicata				
	3781	Disegno II				
	1371	Fisica II				
	1379	Meccanica razionale				
III anno		-	6794	Elettrotecnica	687	Meccanica applicata alle macchine
			6796	Fisica tecnica	6801	Scienza delle costruzioni
			6799	Idraulica	1037	Tecnologia meccanica
IV anno			201	Costruzione di macchine	251	Economia ed organizzazione aziendale (1)
			1140	Misure meccaniche e termiche	4022	Macchine
					670	Macchine utensili
	Una materia dell'indirizzo di specializzazione scelto (°)					
V anno			2018	Complementi di macchine	6468	Dinamica e controllo delle macchine a fluido
			515	Impianti meccanici		
			818	Progetti di macchine		
	Tre materie dell'indirizzo di specializzazione scelto (°°)					
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE	1. Indirizzo Costruttivo I					
			6462	Calcolo numerico e progr.(IV)	4117	Analisi sperimentale delle tensioni (V)
			270	Elettronica applicata (IV)	2022	Complementi di costruzione di macchine (V)
					6472	Complementi di meccanica applicata (V)*
					5798	Costruzione di macchine automatiche (V)*
	2. Indirizzo Costruttivo II					
			6462	Calcolo numerico e progr.(IV)	4117	Analisi sperimentale delle tensioni (V)*
			199	Costruzioni aeronautiche (V)	2022	Complementi di costruzione di macchine (V)
			886	Scienza dei metalli (V) (2)	5799	Progettazione assistita di strutture meccaniche (V)*
	3. Indirizzo Impiantistico					
			6462	Calcolo numerico e progr.(IV)	8076	Complementi di impianti meccanici (V)*
					6541	Impianti tecnici industriali (V)*
					2020	Organizzazione della produzione (V)
					6937	Pianificazione impianti meccanici (V)*
					4146	Strumentazione industriale (V)*

(°) Una o due materie per gli studenti di nuova iscrizione al I, II e III anno di corso.
(°°) Tre o due materie per gli studenti di nuova iscrizione al I, II e III anno di corso.
1) Sostituito ad ogni effetto da "Tecnica industriale e commerciale" (Fac. Economia e Commercio) (matr. pari).
2) Sostituito ad ogni effetto da "Siderurgia e metallurgia" (Fac. Chimica Industriale).

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1984/85

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA - COD. 2002

INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE

Corsi a svolgimento estensivo		Corsi a svolgimento intensivo			
N. cod.		N. cod.	I ciclo	N. cod.	II ciclo
			4. Indirizzo Macchine a fluido		
		6462	Calcolo numerico e programmazione (IV)	2	Aerodinamica (IV)
		5517	Generatori di vapore (V)* (3)	8081	Turbomacchine (V)*
		2016	Trazione e propulsione (V)		
			5. Indirizzo Tecnologico		
			A – Gruppo "Materiali"		
		6462	Calcolo numerico e programmazione (IV)	4117	Analisi sperimentale delle tensioni (V)
		886	Scienza dei metalli (V) (4)	4120	Cicli di fabbricazione (V)*
		2224	Tecnologia dei materiali (IV)*	2022	Complementi di costruzione di macchine (V)
			B – Gruppo "Automazione industriale"		
		6462	Calcolo numerico e programmazione (IV)	4120	Cicli di fabbricazione (V)*
				5798	Costruzione di macchine automatiche (V)*
				2020	Organizzazione della produzione (V)
				6937	Pianificazione degli impianti meccanici (V)
				4146	Strumentazione industriale (V)
			6. Indirizzo Trasporti e Aeronautica		
		6462	Calcolo numerico e programmazione (IV)	2	Aerodinamica (IV)
		199	Costruzioni aeronautiche (V)*	2011	Tecnica della circolazione (V)
		1031	Tecnica ed economia dei trasporti (IV)*		
		2016	Trazione e propulsione (V)		

1) Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità. Due insegnamenti semestrali sono equivalenti ad un insegnamento annuale.
2) I numeri romani fra parentesi indicano l'anno o gli anni di corso in cui l'insegnamento può essere inserito nel piano di studi.
3) Sostituito a tutti gli effetti da (1059) Termotecnica del reattore.
4) Sostituito ad ogni effetto da "Siderurgia e metallurgia" (Fac. Chimica Industriale).
5) La Facoltà si riserva di apportare modifiche al presente piano di studi qualora si rendesse necessario in conseguenza dell'applicazione del D.P.R. 11.7.1980, n. 382.

(*) Insegnamento caratterizzante, obbligatorio per l'indirizzo.

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1984/85

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTROTECNICA - COD. 2003

Anno di corso	Corsi a svolgimento estensivo		Corsi a svolgimento intensivo			
	N. cod.		N. cod.	I ciclo	N. cod.	II ciclo
I anno	1350	Analisi matematica I				
	1359	Chimica				
	1364	Disegno				
	1368	Fisica I				
	1375	Geometria				
II anno	1354	Analisi matematica II			2004	Metodi di osservazione e misura (2)
	1373	Fisica II			5711	Programmazione dei calcolatori elettronici
	1380	Meccanica razionale				
III anno			277	Elettrotecnica I	279	Elettrotecnica II
			6797	Fisica tecnica	6800	Idraulica (3)
			8075	Scienza delle costruzioni	8073	Meccanica applicata alle macchine
IV anno			196	Controlli automatici	5843	Impianti elettrici
			5694	Economia dell'ingegneria (4)	8074	Macchine
			270	Elettronica applicata	732	Misure elettriche
			666	Macchine elettriche		
V anno			1046	Tecnologie elettriche		
	Cinque materie dell'indirizzo di specializzazione scelto					
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE			**1. Indirizzo Macchine Elettriche**			
					81	Calcolo delle macchine elettriche (*)
					4118	Complementi di macchine elettriche (*)
			5695	Esercizio delle reti elettriche di energia	205	Costruzioni elettromeccaniche (*)
			4138	Linguaggi di programmazione	2237	Applicazioni industriali dell'elettrotecnica
					2037	Elettronica industriale
					1068	Trazione elettrica
			2. Indirizzo Impianti Elettrici			
			86	Centrali elettriche (*)		
			5695	Esercizio delle reti elettriche di energia (*)	4153	Tecnica delle alte tensioni (*)
					2237	Applicazioni industriali dell'elettrotecnica
			5564	Acustica applicata e illuminotecnica	4134	Impianti idroelettrici e di rivalutazione dell'energia
			5690	Costruzioni per l'industria		
			4138	Linguaggi di programmazione		
			3. Indirizzo Tecnologie Elettriche			
			5693	Chimica fisica dei materiali elettrici (*)	4153	Tecnica delle alte tensioni (*)
					2049	Tecnologie generali (*)
			5695	Esercizio delle reti elettriche di energia	2237	Applicazioni industriali dell'elettrotecnica
			5697	Misure e regolazione degli impianti elettrici	5696	Materiali spec. per l'elettrotecnica
					205	Costruzioni elettromeccaniche
			4. Indirizzo Elettrotecnica Industriale			
			4138	Linguaggi di programmazione (*)	2237	Applicazioni industriali dell'elettrotecnica (*)
			5697	Misure e regolazione degli impianti elettrici (*)	4122	Complementi di misure elettriche
					2037	Elettronica industriale
			5695	Esercizio delle reti elettriche di energia	5573	Gestione dell'informazione
					4153	Tecnica delle alte tensioni
			5. Indirizzo Trasporti			
			1031	Tecnica ed economia dei trasporti (*)	205	Costruzioni elettromeccaniche (*)
					1068	Trazione elettrica (*)
			5697	Misure e regolazione degli impianti elettrici	2237	Applicazioni industriali dell'elettrotecnica
			5695	Esercizio delle reti elettriche di energia	81	Calcolo delle macchine elettriche
					2011	Tecnica della circolazione

1) Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità.
2) Sostituibile a tutti gli effetti da "(5693) Chimica fisica dei materiali elettrici" I ciclo.
3) Sostituito a tutti gli effetti per il corrente a.a. da "(4134) Impianti idroelettrici e di rivalutazione dell'energia".
4) Sostituito ad ogni effetto da "(251) Economia ed organizzazione aziendale".
5) La Facoltà si riserva di apportare modifiche al presente piano di studi qualora si rendesse necessario in conseguenza dell'applicazione del D.P.R. 11.7.1980, n. 382.

(*) Insegnamento caratterizzante l'indirizzo.

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1984/85

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA - COD. 2004

Anno di corso	Corsi a svolgimento estensivo		Corsi a svolgimento intensivo			
	N. cod.		N. cod.	I ciclo	N. cod.	II ciclo
I anno	1350	Analisi matematica I				
	1360	Chimica				
	1364	Disegno				
	1368	Fisica I				
	1375	Geometria				
II anno	1354	Analisi matematica II				
	6792	Chimica applicata				
	148	Chimica organica				
	1373	Fisica II				
	1380	Meccanica razionale				
III anno			6462	Calcolo numerico e programmazione	122	Chimica fisica
			6793	Elettrotecnica	814	Principi di ingegneria chimica
			6797	Fisica tecnica	6801	Scienza delle costruzioni
IV anno			4641	Principi di ingegneria chimica II	501	Impianti chimici
			2235	Scienza dei materiali	663	Macchine
					1385	Meccanica applicata alle macchine
	Due materie dell'indirizzo di specializzazione scelto					
V anno			137	Chimica industriale		
			502	Impianti chimici II		
			1143	Strumentazione chimica		
	Tre materie dell'indirizzo di specializzazione scelto					
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE						
				1. Indirizzo Materiali		
			2021	Metallurgia e metallografia (IV)	115	Chimica e tecnologia dei prodotti ceramici (V)
					4123	Chimica fisica dei polimeri (V)
					2030	Costruzione di apparecchiature chimiche (V)
					5802	Proprietà termodinamiche e di trasporto (IV)
					2049	Tecnologie generali (IV)
				2. Indirizzo Processi		
			6529	Tecnologia chimica del disinquinamento (V)	5801	Analisi dei sistemi dell'ingegneria chimica (V)
			1142	Teoria e sviluppo dei processi chimici (IV)	8545	Dinamica e controllo dei processi chimici (V)
					5802	Proprietà termodinamiche e di trasporto (IV)
					5819	Sviluppo e disegno degli impianti chimici (V)
				3. Indirizzo Costruzioni - Impianti		
			5690	Costruzioni per l'industria (V)	2030	Costruzione di apparecchiature chimiche (V)
			1142	Teoria e sviluppo dei processi chimici (IV)	5819	Sviluppo e disegno degli impianti chimici (V)
			6529	Tecnologia chimica del disinquinamento (V)	2049	Tecnologie generali (IV)

1) Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità.
2) I numeri romani fra parentesi indicano l'anno o gli anni di corso in cui l'insegnamento può essere inserito nel piano di studi.
3) La Facoltà si riserva di apportare modifiche al presente piano di studi qualora si rendesse necessario in conseguenza dell'applicazione del D.P.R. 11.7.1980, n. 382.

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1984/85

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MINERARIA - COD. 2005

Anno di corso	Corsi a svolgimento estensivo		Corsi a svolgimento intensivo				
	N. cod.		N. cod.	I ciclo	N. cod.	II ciclo
I anno	1350	Analisi matematica I				
	1358	Chimica				
	1363	Disegno				
	1367	Fisica I				
	1375	Geometria				
II anno	1354	Analisi matematica II				
	3781	Disegno II				
	1371	Fisica II				
	1378	Meccanica razionale				
	5725	Mineralogia e petrografia				
	92	Chimica applicata				
III anno	430	Fisica tecnica	275	Elettrotecnica	464	Geologia
	890	Scienza delle costruzioni			1385	Meccanica applicata alle macchine
IV anno			454	Geofisica mineraria	54	Arte mineraria
			490	Idraulica	482	Giacimenti minerari
			4114	Meccanica delle rocce	663	Macchine
	Una materia annuale dell'indirizzo di specializzazione scelto (2)					
V anno			690	Meccanica dei giacimenti di idrocarburi	6804	Topografia
			1019	Tecnica dei sondaggi		
	Tre materie annuali dell'indirizzo di specializzazione scelto (2)					
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE			**1. Indirizzo Miniere e Cave**			
			4125	Consolidamento dei terreni (V)	805	Preparazione dei minerali (V)
			2007	Geotecnica (sem.) (IV)		
			4135	Idrogeologia applicata (sem.) (IV)		
			516	Impianti minerari (V)		
			2. Indirizzo Idrocarburi e Fluidi del sottosuolo			
			6462	Calcolo numerico e programmazione (V)	731	Misure e controlli nei giacimenti di idrocarburi (V)
			2007	Geotecnica (sem.) (IV)	816	Produzione e trasporto degli idrocarburi (V)
			4135	Idrogeologia applicata (sem.) (IV)		
			3. Indirizzo Costruttivo			
	1026	Tecnica delle costruzioni (IV)	6462	Calcolo numerico e programmazione (V)	2008	Tecnica delle fondazioni (sem.) (V)
			4125	Consolidamento dei terreni (V)		
			2007	Geotecnica (sem.) (V)		
			4. Indirizzo Difesa e Conservazione del suolo			
			4125	Consolidamento dei terreni (V)		
			4131	Difesa e conservazione del suolo (V)		
			2007	Geotecnica (sem.) (IV)		
			4135	Idrogeologia applicata (sem.) (IV)		
			496	Idrologia e idrografia (V)		

1) Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità.
2) Due insegnamenti semestrali sono equivalenti ad un insegnamento annuale.
3) I numeri romani fra parentesi indicano l'anno o gli anni di corso in cui l'insegnamento può essere inserito nel piano di studi.
4) La Facoltà si riserva di apportare modifiche al presente piano di studi qualora si rendesse necessario in conseguenza dell'applicazione del D.P.R. 11.7.1980, n. 382.

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1984/85

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA - COD. 2006

Anno di corso	Corsi a svolgimento estensivo		Corsi a svolgimento intensivo			
	N. cod.		N. cod.	I ciclo	N. cod.	II ciclo
I anno	1365	Disegno	1352	Analisi matematica I	1369	Fisica I
			1361	Chimica	1377	Geometria
II anno			1356	Analisi matematica II	6464	Calcolo numerico e programmazione
			1372	Fisica II	1381	Meccanica razionale
					2004	Metodi di osservazione e misura
III anno			189	Complementi di matematiche	2438	Elettronica applicata I
			6795	Elettrotecnica I	6802	Scienza delle costruzioni
			6798	Fisica tecnica	4115	Teoria dei sistemi
IV anno			5698	Campi elettromagnetici e circuiti I	3694	Controlli automatici I
			4179	Comunicazioni elettriche I	5809	Elettronica applicata II (già Tecnica degli impulsi)
			5579	Reti logiche		
	Una o due materie dell'indirizzo di specializzazione scelto					
V anno			251	Economia ed organizzazione aziendale	2632	Meccanica delle macchine e macchine
			1386	Misure elettriche	877	Radiotecnica
	Tre o due materie dell'indirizzo di specializzazione scelto					
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE			**1. Indirizzo Microelettronica**			
			4524	Analisi numerica (V)	3716	Calcolatori elettronici (V)
			6465	Chimica fisica (V)	5699	Campi elettromagnetici e circuiti II (V)
			2034	Elettronica quantistica (V)	4314	*Elettronica applicata III (V)
			5702	*Microelettronica (V)	2037	Elettronica industriale (V)
					5803	Progettazione automatica dei circuiti elettronici (V) (3)
					3980	Sistemi per l'elaborazione dell'informazione (IV)
					2044	Strumentazione elettronica (V)
			2. Indirizzo Telecomunicazioni			
			5700	*Comunicazioni elettriche II (V)	3716	Calcolatori elettronici (V)
			2034	Elettronica quantistica (V)	5699	* Campi elettromagnetici e circuiti II (V)
			2191	Microonde (V)	4314	Elettronica applicata III (IV)
			5702	Microelettronica (V)	2037	Elettronica industriale (V)
					5803	Progettazione automatica dei circuiti elettronici (V) (3)
					3980	Sistemi per l'elaborazione dell'informazione (IV)
					2044	Strumentazione elettronica (V)
			3. Indirizzo Automatica			
			4126	*Controllo dei processi (V)	3695	*Controlli automatici II (V)
			4138	Linguaggi di programmazione (V)	2037	Elettronica industriale (V)
			884	Ricerca operativa (V)	6878	Elettrotecnica II (V)
			5574	Tecnologia dei sistemi di controllo (V)	504	Impianti elettrici (V)
					5701	Metodi di ottimizzazione (V)
					3980	Sistemi per l'elaborazione dell'informazione (IV)
			4. Indirizzo Bioingegneria			
			4524	Analisi numerica (V)	1679	*Automazione ed organizzazione sanitaria (V)
			3569	*Bioautomatica (V)	5701	Metodi di ottimizzazione (V)
			4126	Controllo dei processi (V)	3980	Sistemi per l'elaborazione dell'informazione (IV)
			884	Ricerca operativa (V)	4152	Strumentazione biomedica (V)
			2038	Statistica applicata (V)		
			5. Indirizzo Informatica			
			4524	Analisi numerica (V)	3716	*Calcolatori elettronici (V)
			4126	Controllo dei processi (V)	4314	Elettronica applicata III (IV)
			4138	*Linguaggi di programmazione (V)	5573	Gestione dell'informazione (V)
			884	Ricerca operativa (V)	3980	*Sistemi per l'elaborazione dell'informazione (IV)

1) Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità.
2) I numeri romani fra parentesi indicano l'anno o gli anni di corso in cui l'insegnamento può essere inserito nel piano di studi.
3) Sostituito a tutti gli effetti per il corrente a.a. dall'insegnamento di "(2037) Elettronica industriale".
4) La Facoltà si riserva di apportare modifiche al presente piano di studi qualora si rendesse necessario in conseguenza all'applicazione del D.P.R. 11.7.1980, n. 382.

(*) Sono contrassegnati con asterisco gli insegnamenti che caratterizzano ciascun indirizzo.

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1984/85

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA NUCLEARE - COD. 2007

Anno di corso	Corsi a svolgimento estensivo		Corsi a svolgimento intensivo			
	N. cod.		N. cod.	I ciclo	N. cod.	II ciclo
I anno	1350	Analisi matematica I				
	1360	Chimica				
	1364	Disegno				
	1368	Fisica I				
	1375	Geometria				
II anno	1354	Analisi matematica II				
	1373	Fisica II				
	406	Fisica atomica				
	1380	Meccanica razionale				
			Una materia dell'indirizzo di specializzazione scelto			
III anno			8082	Elettrotecnica	2631	Meccanica delle macchine
			422	Fisica nucleare	5804	Problemi matematici dei reattori nucleari
			6797	Fisica tecnica	6801	Scienza delle costruzioni
			Una materia dell'indirizzo di specializzazione scelto			
IV anno			6467	Cinetica e controllo del reattore nucleare	271	Elettronica nucleare
			409	Fisica del reattore nucleare	4313	Macchine
			Due materie dell'indirizzo di specializzazione scelto			
V anno			517	Impianti nucleari	6469	Elementi di ingegneria del reattore nucleare
			1059	Termotecnica del reattore	730	Misura delle radiazioni e protezioni
			Due materie dell'indirizzo di specializzazione scelto			
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE			1. Indirizzo Impianti			
			6471	Codici di calcolo per reattori nucleari (V)	4501	Calcolo numerico e programmazione (II) (1)
			196	Controlli automatici (IV)	1384	Costruzione di macchine (IV)
			4128	Costruzioni nucleari (V)	205	Costruzioni elettromeccaniche (V)
			6799	Idraulica (III)	665	Macchine ed impianti elettrici (IV)
			6470	Strumentazione e regolazione degli impianti nucleari (V)	1044	Tecnologia dei materiali nucleari (II)
					2049	Tecnologie generali (V)
					6803	Teoria dei sistemi (III)
			2. Indirizzo Neutronica Combustibili			
			2046	Chimica fisica dei materiali nucleari (IV)	4501	Calcolo numerico e programmazione (II) (1)
			6471	Codici di calcolo per reattori nucleari (V)	6466	Ciclo del combustibile nucleare (V)
			4127	Complementi di neutronica (IV)	2826	Combustibili nucleari (IV)
			4128	Costruzioni nucleari (V)	1044	Tecnologia dei materiali nucleari (II)
			6799	Idraulica (III)	6803	Teoria dei sistemi (III)
			6470	Strumentazione e regolazione degli impianti nucleari (V)	6806	Reattori avanzati (V)

Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità.

1) Sostituito ad ogni effetto da "(5711) Programmazione dei calcolatori elettronici".
2) I numeri romani fra parentesi indicano l'anno o gli anni di corso in cui l'insegnamento può essere inserito nel piano di studi.
3) La Facoltà si riserva di apportare modifiche al presente piano di studi qualora si rendesse necessario in conseguenza dell'applicazione del D.P.R. 11.7.1980, n. 382.

NOTE ESPLICATIVE SUI CORSI DI LAUREA E SUGLI INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE

Il Corso di Laurea in Ingegneria Civile è attualmente ordinato su tre sezioni: edile, idraulica, trasporti e su sedici indirizzi in appresso indicati:

1. *Sezione Edile*

Indirizzi Architettura

I gruppi di materie degli indirizzi *Architettura A* e *B* studiano, a livello teorico e applicativo, il processo di progettazione globale dell'oggetto edilizio-architettonico riguardo ai suoi caratteri specifici e alla sua integrazione nell'ambiente. In particolare, la progettazione concerne gli aspetti di inquadramento storico-critico dell'attività architettonica, di analisi funzionale e spaziale delle strutture architettoniche, della loro organizzazione sistematica e di applicazione delle tecniche costruttive, specialmente di quelle industrializzate.

La diversificazione fra i due gruppi A e B consiste nella specifica pertinenza ai problemi della progettazione a scala edilizia per l'*indirizzo A*, e nell'approfondimento delle relazioni tra organismo edilizio e scelte urbanistiche di scala intermedia per l'*indirizzo B*.

I gruppi di materie degli *indirizzi C* e *D* si caratterizzano nell'ambito dei rapporti tra componente tecnologica e processo di progettazione alle diverse scale di intervento sull'ambiente costruito e sul territorio, sottolineando i problemi relativi: alle tipologie costruttive per l'attività produttiva, ai processi di industrializzazione edilizia, di ristrutturazione e recupero urbano, alla organizzazione delle fasi operative di cantiere.

I due indirizzi si differenziano per l'applicazione della tecnologia, rispettivamente alla scala dell'organismo architettonico (*indirizzo C*) e alla scala dell'intervento territoriale, con le relative implicazioni nella progettazione delle infrastrutture, dei vincoli normativi, nella programmazione economica (*indirizzo D*).

Indirizzi Territorio

I gruppi di materie degli indirizzi *Territorio A* e *Territorio B* affrontano i problemi teorici ed operativi della pianificazione del territorio e, più specificamente, i rapporti fra programmazione economica e assetto territoriale alle diverse scale, l'organizzazione dei sistemi di servizi e di infrastrutture, i metodi e le tecniche di misura necessari a garantire un uso corretto delle risorse e la salvaguardia dell'ambiente, anche attraverso modelli quantitativi di pianificazione.

La diversificazione fra i due gruppi deriva dalla maggior accentuazione, nell'indirizzo "A", dei problemi progettuali e di organizzazione complessiva del territorio, mentre nell'indirizzo "B" vengono più specificamente trattati gli aspetti relativi alla

pianificazione delle reti infrastrutturali e alla difesa del suolo.

Indirizzo Costruzioni

L'indirizzo *Costruzioni*, distinto nei due rami individuati dagli indici A e B, si caratterizza per la presenza di corsi volti a completare la preparazione degli allievi ingegneri nel campo dell'ingegneria strutturale. Gli argomenti previsti nel programma dei vari corsi si configurano pertanto come il logico approfondimento e proseguimento dei temi trattati nei corsi propedeutici comuni a tutte le sezioni civili.

Con l'indirizzo *Costruzioni A*, particolarmente volto all'analisi dei problemi connessi con il progetto e il calcolo delle strutture, si persegue quindi un approfondimento degli aspetti teorici dei problemi strutturali, associato anche ad un'ampia indagine dei temi più strettamente concernenti le applicazioni professionali.

L'indirizzo *Costruzioni B*, pur rimanendo orientato verso lo studio della teoria e della tecnica delle strutture, prevede anche, nell'ambito di alcuni corsi specialistici, la trattazione di argomenti riguardanti le tecniche di esecuzione delle costruzioni ed i relativi problemi di gestione.

Indirizzo Impianti

L'indirizzo *Impianti* ha per finalità l'approfondimento degli aspetti applicativi di tutta l'impiantistica nelle costruzioni: studio e progettazione esecutiva degli impianti tecnici di riscaldamento, idrico-sanitari, condizionamento estivo e di fognatura; progettazione del cantiere e sua organizzazione; applicazione e studio dei problemi di acustica e di illuminazione sia negli edifici sia nello spazio urbano.

2. *Sezione idraulica*

Comune a tutti gli indirizzi di questa sezione è un insieme di corsi di base che, a partire dal 3° anno, orientano la preparazione verso i problemi idraulici e idrologici dell'ingegneria. Su questo filone comune, integrato peraltro da tutti i corsi fondamentali dell'Ingegneria Civile, si sviluppano quattro diversi indirizzi, ciascuno individuato da 5 corsi caratterizzanti a contenuto prevalentemente professionale.

Indirizzo Costruzioni

Intende approfondire gli aspetti progettuali, costruttivi e tecnici delle costruzioni idrauliche.

Indirizzo Idraulico teorico

Intende approfondire gli aspetti dell'ingegneria più strettamente legati alla meccanica dei fluidi e alla modellistica.

Indirizzo Impiantistico

Approfondisce le conoscenze nel campo della tecnica impiantistica e del controllo dei processi idraulici.

Indirizzo Territorio

E' volto all'approfondimento dei problemi e delle tecniche di sviluppo e pianificazione delle risorse idriche.

3. *Sezione Trasporti*

In ogni attività produttiva è contenuta, in misura notevole, la componente trasportistica, sia per l'azione vera e propria del trasportatore sia per la presenza di infrastrutture tipiche dei trasporti (strade, ferrovie, stazioni, ecc.).

Questo comporta un duplice aspetto di interessi, organizzativo e strutturale, che viene esaminato e studiato, in forma generale, nel corso fondamentale di "Tecnica ed economia dei trasporti".

L'aspetto organizzativo riguarda la migliore utilizzazione delle strutture (vie, veicoli, centri di smistamento, ecc.), quello strutturale riguarda invece il dimensionamento più adatto da dare alle infrastrutture per poter soddisfare le richieste attuali o quelle che si potranno avanzare in un tempo futuro.

In tal modo, seguendo un metodo di inquadramento disciplinare della materia, che tenga conto dei criteri più moderni, ogni problema dei trasporti, avente una funzione unificatrice di finalità e di metodi, si inserisce in quello più ampio e generalizzato di un servizio per l'uomo nel proprio spazio e determina i tre principali settori di specializzazione riguardanti:

- l'organizzazione dei trasporti nel territorio (*indirizzo territorio*);
- i sistemi di trasporto (*indirizzo trazione*);
- le infrastrutture e i terreni (*indirizzo costruzioni*).

Indirizzo Territorio

Concerne lo studio del sistema, cioè l'assetto dello spazio inteso come ambito in cui i sistemi di trasporto vengono impiegati utilizzando in modo ottimale le risorse disponibili. A tal fine si ricorre a una tecnica di pianificazione dei trasporti (contenuta nel corso di "Tecnica della circolazione") sopra un territorio che viene analizzato nei suoi aspetti produttivi ("Complementi di tecnica urbanistica") sia tenendo conto delle caratteristiche funzionali dei sistemi di trasporto ("Costruzioni marittime e fluviali") sia utilizzando moderne metodologie di studio ("Teoria dei sistemi e del controllo").

Indirizzo Trazione

Vengono presi in particolare considerazione i sistemi di trasporto nel senso più ampio, considerati come insieme coordinato di via-veicolo, negli ambienti terrestre, marittimo e aereo.

Premesso che un inserimento e una integrazione dei sistemi di trasporto può avvenire solo in un quadro di coordinamento territoriale ("Tecnica della circolazione"), i sistemi medesimi vengono considerati nei loro aspetti più propriamente funzionali riguardo alle infrastrutture terrestri ("Complementi di tecnica ed economia dei trasporti") e in quelli meccanico-funzionali negli ambiti terrestre, marittimo e ae-

reo ("Trazione e propulsione", "Costruzioni aeronautiche"), utilizzando moderne metodologie di studio ("Teoria dei sistemi e del controllo").

Indirizzo Costruzioni

Riguarda i problemi costruttivi delle infrastrutture terrestri.

Lo studio funzionale dei sistemi di trasporto ("Complementi di tecnica ed economia dei trasporti") consente di eseguire un dimensionamento funzionale delle infrastrutture in seguito al quale è possibile eseguire la progettazione delle medesime in condizioni di economia.

Vengono esaminate particolari strutture in elevazione ("Complementi di tecnica delle costruzioni") e di fondazione ("Tecnica delle fondazioni") con riferimento al terreno ("Geotecnica") e ai modi di migliorarne le prestazioni ("Consolidamento dei terreni"), utilizzando moderne metodologie di studi ("Teoria dei sistemi e del controllo").

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA

Il corso di laurea in Ingegneria meccanica è articolato in 6 indirizzi e prevede 25 insegnamenti obbligatori – gli stessi per tutti gli indirizzi – e 4 a scelta.

I corsi obbligatori coprono i più importanti settori dell'Ingegneria meccanica e forniscono all'allievo un'ampia preparazione di base; i corsi 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 Costruttivo I

L'indirizzo, caratterizzato dai corsi di Complementi di meccanica applicata e Costruzione di macchine automatiche, che forniscono approfondimenti nel settore della meccanica delle macchine e nell'impostazione generale del progetto e dell'esecuzione delle macchine automatiche, dà allo studente – unitamente alla possibilità di acquisire ulteriori conoscenze sulle metodologie sperimentali di base, su alcuni tipi di materiali, sui componenti elettronici impiegati nelle macchine, eccetera – gli strumenti per una più meditata soluzione costruttiva.

Indirizzo Costruttivo II

L'indirizzo, caratterizzato dai corsi di Analisi sperimentale delle tensioni e Progettazione assistita di strutture meccaniche, che forniscono approfondimenti nel settore delle metodologie di base sperimentali e basate sull'assistenza del calcolatore, dà allo studente – unitamente alla possibilità di acquisire ulteriori conoscenze sui materiali metallici e non, sulle costruzioni leggere, eccetera – gli strumenti per una più precisa valutazione dell'affidabilità strutturale degli organi delle macchine e delle strutture meccaniche.

Indirizzo Impiantistico

In questo indirizzo, caratterizzato dai corsi di Impianti tecnici industriali e Pia-

nificazione degli impianti meccanici, vengono offerti allo studente gli strumenti per affrontare problemi specifici di progettazione, organizzazione e conduzione di impianti meccanici e termici, sia sotto l'aspetto tecnico che sotto quello economico.

Indirizzo Macchine a fluido

In questo indirizzo, caratterizzato dai corsi di Generatori di vapore e Turbomacchine, vengono approfonditi i problemi di dimensionamento e di funzionamento delle macchine a fluido, che vengono presentate per esteso nei corsi caratterizzanti. La premessa teorica è contenuta nei corsi di Aerodinamica e di Calcolo numerico e programmazione, che forniscono gli elementi utili per il corretto dimensionamento fluidodinamico delle macchine con tecniche aggiornate.

Indirizzo Tecnologico

Questo indirizzo è articolato in due sotto indirizzi, che coprono l'uno l'area dei materiali e l'altro quella dell'automazione industriale. Nel corso caratterizzante comune ai due gruppi, Cicli di fabbricazione, vengono descritte le metodologie per la trasformazione del materiale con processi automatizzati di lavorazione flessibile. Nel primo gruppo, il corso caratterizzante di Tecnologia dei materiali approfondisce soprattutto il problema della scelta ottimale del materiale e dei trattamenti termomeccanici; nel secondo gruppo, il corso caratterizzante di Costruzione di macchine automatiche è soprattutto rivolto al progetto dell'architettura generale delle macchine automatiche. Gli altri corsi offrono opportuni complementi nel campo della scienza dei materiali e della organizzazione della produzione.

Indirizzo Trasporti e Aeronautica

Gli insegnamenti di questo indirizzo, caratterizzato da Tecnica ed economia dei trasporti e da Costruzioni aeronautiche, trattano i problemi relativi alla utilizzazione e alla progettazione dei sistemi di trasporto terrestri, aerei e marittimi. Vengono inoltre approfonditi alcuni particolari problemi tecnici ed organizzativi, sicché l'indirizzo fornisce all'allievo gli strumenti necessari per operare nel settore dei trasporti a livello sia organizzativo che progettuale.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTROTECNICA

Il Corso di Laurea in Ingegneria Elettrotecnica ha seguito l'evoluzione tecnologica apportata dal grande sviluppo dell'elettronica e dell'informatica, pur mantenendo la fondamentale caratteristica che è nella sua tradizione: tendere cioè alla formazione di un ingegnere di vasta apertura tecnica e culturale, che possa consentirgli destinazioni assai svariate ed anche non strettamente attinenti alla specializzazione conseguita. Se infatti il settore culturale fondamentale in cui il corso di laurea si colloca riguarda la produzione, il trasporto e l'utilizzazione dell'energia elettrica, va tenuto presente che proprio la grande varietà di macchine, apparecchiature e dispositivi che si incontrano in tale settore rende necessaria una preparazione non superficiale in molti campi dell'ingegneria, dalla meccanica e macchine all'energetica, dai materiali

all'elettronica. Di qui la preminenza data alle metodologie piuttosto che alla eccessiva descrittività e il costante richiamo interdisciplinare che caratterizzano il corso di laurea e che possono fare dell'ingegnere elettrotecnico un professionista ed un ricercatore poliedrico ed in grado di emergere in molti settori della tecnica e della scienza.

Lo sforzo del corso di laurea è quello di contemperare la necessità di un costante aggiornamento nei settori specialistici con l'esigenza di una preparazione di base solida e ad ampio spettro, che mantenga all'ingegnere elettrotecnico le caratteristiche che gli sono peculiari.

Il curriculum di studi di Ingegneria Elettrotecnica prevede 24 esami comuni e 5 a scelta. Sono previsti quattro indirizzi di specializzazione, e precisamente:

Elettromeccanica

– con particolare riferimento al progetto, funzionamento e costruzione delle macchine elettriche, settore tradizionale di competenza dell'ingegnere elettrotecnico;

Generazione, trasporto e conversione dell'energia elettrica

– con una notevole apertura nel campo dei dispositivi elettronici di potenza;

Materiali e Tecnologie

– con un particolare risalto alle alte tensioni, tecnologia caratteristica dell'ingegneria elettrotecnica;

Trasporti

– dove la trazione elettrica assume preminente importanza, costituendo un classico settore di impiego dell'ingegnere elettrotecnico.

Per evitare specializzazioni troppo spinte, è previsto un numero di corsi per ogni indirizzo superiore a cinque e molti corsi sono ripetuti in vari indirizzi: ciò permette una scelta più libera e sfuma le differenze fra i curricula degli allievi. Ai sensi della Legge 910 è inoltre possibile la sostituzione di corsi di indirizzo con altri non compresi nell'indirizzo scelto ed anche, nello spirito di quella ampiezza culturale che si desidera contraddistingua il corso di laurea, con qualunque altro corso compreso nel manifesto degli studi della Facoltà.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA

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 mono-

corde, 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 degli impianti, dei processi e dei materiali.

I – 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.

II – Indirizzo "Processi".

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.

III – Indirizzo "Impianti".

Scopo dell'indirizzo è di fornire le nozioni fondamentali delle tecnologie di fabbricazione, della progettazione costruttiva e del dimensionamento dei componenti meccanici e strutturali delle apparecchiature chimiche e di sviluppare i criteri di progettazione e di montaggio di un impianto chimico e di valutazione del costo dell'impianto.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MINERARIA

Fra i vari Corsi di Laurea in cui si articola la Facoltà dell'Università di Bologna una posizione particolare occupa quello di Ingegneria Mineraria.

Parlare di Mineraria significa per molti riandare con la mente al rapporto uomo-ambiente in relazione all'utilizzazione delle risorse del sottosuolo non trascurando di

ricordare l'elevato grado di professionalità che, in rapporto ai temi, ha sempre caratterizzato coloro che operando in questo campo hanno reso possibile lo sfruttamento delle materie prime e delle fonti di energia.

La creazione di un apposito Corso di Laurea, quale luogo in cui tale professionalità viene trasmessa e si evolve, va vista come una esigenza nata dagli stessi sviluppi di una società industriale che impone una sempre più serrata e sistematica utilizzazione delle risorse naturali.

Così in alcune Facoltà di Ingegneria si è venuta a delineare nei suoi specifici caratteri e competenze, la figura dell'Ingegnere Minerario. E' una figura, contrariamente all'opinione non solo dell'uomo della strada, che nettamente si differenzia da quella del geologo caratterizzata da una preparazione prevalentemente naturalistica.

La sintesi degli aspetti tecnico e geologico rappresenta la caratteristica peculiare dell'ingegneria mineraria, trovandosi tale disciplina assai spesso a confrontarsi con problematiche alla cui soluzione concorrono sia una solida preparazione professionale e culturale sia doti di immaginazione e non per niente la coltivazione delle miniere viene quasi ovunque indicata come "Arte Mineraria".

E' in questo senso che va letta quella progressiva evoluzione della figura dell'ingegnere minerario, evoluzione che ha segnato – e non poteva essere altrimenti – il Corso di Laurea presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna.

Una prima fase che arriva circa alla metà degli anni cinquanta fu caratterizzata ed indirizzata essenzialmente alla coltivazione ed alla ricerca dei minerali e degli idrocarburi con particolare riguardo all'arte mineraria, agli impianti minerari ed alle perforazioni petrolifere.

A partire dal 1959 con l'accresciuta importanza degli idrocarburi nell'ambito nazionale sorse a Bologna una Scuola diretta a far conoscere agli allievi di mineraria il "Reservoir Engineering". Da allora essa ha caratterizzato la laurea in mineraria differenziandola, almeno in parte, da quella fornita nelle altre Sedi.

Nel contempo anche la sezione mineraria, così detta "classica" o "secca", fu potenziata inserendo nel piano di studi altri corsi a scelta riguardanti il trattamento dei minerali e gli impianti minerari.

Verso la fine degli anni sessanta si sentì la necessità di ampliare la preparazione dei laureati fornendo loro, attraverso adeguati corsi, competenze ben precise nel campo delle scienze applicate della terra.

Furono così accesi, fra gli altri, i corsi di Meccanica delle Rocce, di Consolidamento dei Terreni e di Difesa e Conservazione del Suolo.

Attualmente si è in procinto di introdurre altri corsi per completare, ovviamente mantenendo inalterata la didattica di base caratteristica della sezione, il campo di azione dell'ingegnere minerario che allo stato delle cose sarebbe forse più esatto definire "geoingegnere".

All'insegnamento è stata inoltre associata la pratica: ad ogni allievo del IV e V anno sono assicurati tirocini pratici della durata di circa un mese presso miniere, cantieri di perforazione o di produzione di idrocarburi e grandi cantieri di costruzioni o scavo in roccia.

Vale infine ricordare il favorevole rapporto docenti-studenti del Corso di laurea, corso che attualmente viene tenuto solo in altre quattro Università italiane (Caglia-

ri, Roma, Torino, Trieste).

Attualmente il Corso di laurea è strutturato su 29 esami di cui 4 a scelta dello studente secondo gli indirizzi sotto riportati.

Indirizzo Miniere e Cave

Ha lo scopo di affinare le conoscenze dell'ingegnere nel campo della ricerca e della produzione delle materie prime minerali e dei materiali per l'industria delle costruzioni. Specifica in tal senso deve essere la preparazione sia nel settore degli impianti (energia, trasporto, estrazione, eduzione e ventilazione), che debbono soddisfare a condizioni di lavoro particolarmente impegnative, sia nel trattamento dei minerali, quale mezzo per rendere disponibili i materiali grezzi in mercantili, atti cioè ad essere utilizzati in altri settori industriali.

Indirizzo Idrocarburi e Fluidi del sottosuolo

Ha lo scopo di orientare la preparazione dell'ingegnere verso la ricerca e la produzione dei fluidi del sottosuolo (idrocarburi, vapori endogeni ed acqua) utilizzati quali risorse energetiche ed idriche o quali materie di base. A tal fine, lo studio delle misure e dei controlli nei giacimenti fornisce le informazioni più complete sulla natura dei fluidi e sulla consistenza dei giacimenti; mentre lo studio delle tecniche di produzione e di trasporto fornisce gli strumenti per una razionale coltivazione dei giacimenti e per il trasporto dei fluidi ai luoghi di trasformazione ed utilizzazione.

Indirizzo Costruttivo

Ha lo scopo di completare la preparazione dell'ingegnere ai fini della progettazione, costruzione e organizzazione del cantiere nelle grandi opere coinvolgenti scavi di roccia o movimenti di terra, quando i problemi connessi con le scienze geoapplicative assumono rilevanza paragonabile a quella dei problemi connessi con la strutturistica.

Indirizzo Difesa e Conservazione del suolo

Ha lo scopo di fornire la preparazione dell'ingegnere per analizzare e proporre soluzioni tecniche appropriate ai problemi della sistemazione razionale del territorio. Ciò in relazione agli aspetti sia della geoingegneria sia della difesa e della conservazione del suolo dalla degradazione dovuta ad agenti naturali ed all'azione dell'uomo.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA

Elettronica – Con questa parola si designa oggi un vasto ed articolato complesso di discipline, che hanno avuto origine dallo studio delle proprietà e delle applicazioni di particolari categorie di strutture (o "dispositivi") il cui modo di funzionare è determinato dalle particolarità dei movimenti degli elettroni nel vuoto o entro corpi solidi. Esempi tipici di queste strutture sono gli oscillografi ed i cinescopi, le valvole ad alto vuoto dei trasmettitori radio e TV di grande potenza, i circuiti integrati a semiconduttori (o "microcircuiti"). Con tali dispositivi si costruiscono i "sistemi" elettronici utilizzati in una enorme varietà di applicazioni civili, industriali e militari:

le grandi reti di telefonia e dati, gli impianti di radio e telediffusione, i sistemi di assistenza alla navigazione aerea e marittima, i sistemi di controllo elettronico delle macchine e degli impianti, i calcolatori elettronici, questi ultimi inseriti a loro volta, in diverse forme, nella maggior parte delle apparecchiature elettroniche esistenti e divenuti strumento indispensabile nella gestione di tutte le attività organizzate.

Si comprende così da un lato come le discipline elettroniche possano ricondursi a pochi grandi filoni di conoscenza, che attengono rispettivamente alla Microelettronica, all'Informatica, alle Telecomunicazioni ed ai Controlli automatici e, d'altra parte, come una seria preparazione di base dell'Ingegnere elettronico debba dare ragionevoli spazi ad una non superficiale introduzione a ciascuno di tali grandi filoni, pur privilegiando l'uno o l'altro con una conveniente scelta delle materie di indirizzo. Tanto più che la realtà professionale comporta assai di frequente spostamenti di attività e, sempre, la necessità di interagire con specialisti di altri settori.

Inoltre l'evoluzione delle discipline elettroniche è così rapida che una specializzazione spinta non può essere acquisita altro che nell'esercizio dell'attività professionale, la quale impone un continuo aggiornamento, di volta in volta, nello specifico settore in cui il professionista si trova ad operare. Al Corso di laurea in Ingegneria Elettronica spetta il fondamentale e difficile compito di dare ai futuri professionisti le conoscenze di base necessarie, le aperture intellettuali ed un orientamento specializzato che sappia conciliare le esigenze di astrazione, che occorrono per dominare discipline applicative con solide radici scientifiche, con le esigenze di concretezza tipiche della mentalità ingegneristica.

Il Corso di laurea prevede un gruppo comune di discipline di base e si articola in cinque indirizzi, i cui insegnamenti possono essere scelti dallo studente al quarto o al quinto anno.

Indirizzo Telecomunicazioni

L'indirizzo Telecomunicazioni è destinato ad approfondire lo studio dei complessi fenomeni che riguardano la manipolazione ed il trasferimento delle informazioni su mezzi trasmissivi di varia natura. Tale studio è attualmente oggetto dei corsi fondamentali di Comunicazioni Elettriche I, Campi Elettromagnetici e Circuiti I e Radio tecnica, nei quali vengono forniti criteri generali di progetto dei collegamenti per telecomunicazioni, prevalentemente analizzati da un punto di vista sistemistico ed impiantistico.

L'obiettivo generale di acquisire un certo grado di conoscenza sulle reti di telecomunicazioni, che ne consentano il dimensionamento utilizzando le varie tecniche di trasmissione, commutazione e segnalazione, è tuttora necessariamente affidato (nelle varie sedi universitarie, come nella nostra) a corsi di indirizzo, così come gli approfondimenti culturali verso gli aspetti applicativi più rilevanti del settore. Fra questi, certamente importanti e quindi considerati nei corsi impartiti, l'analisi dei sistemi di trasmissione in fibra ottica, di cui è necessario esaminare, da un punto di vista elettromagnetico, gli elementi principali, ossia il mezzo trasmissivo, le sorgenti e i rivelatori; l'introduzione alla conoscenza ed alle applicazioni dei circuiti integrati per microonde, parte fondamentale dei moderni sistemi realizzati a stato solido; l'individuazione di metodologie per lo studio delle parti ad altissima frequenza dei

sistemi di trasmissione e relativi criteri di progetto.

Altri corsi, meno specifici per l'indirizzo, sono inclusi in esso allo scopo di fornire all'allievo che lo desideri una preparazione anche diversificata ma su argomenti che conservano una precisa finalizzazione verso dispositivi, apparati e sistemi per telecomunicazioni.

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 a semiconduttori e dei circuiti integrati cui si realizzano oggi tutti i sistemi elettronici. La conoscenza della Microelettronica è 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 od almeno in collaborazione con esso e per suo esclusivo uso), sia in relazione ai fondamentali problemi dell'affidabilità.

L'insegnamento di Elettronica Applicata III è dedicato allo studio dei fenomeni fisici di base ed allo sviluppo dei modelli matematici necessari alla progettazione; quello di Microelettronica sviluppa lo studio approfondito dei processi tecnologici e, parallelamente, quello della progettazione dei dispositivi e di semplici circuiti integrati, evidenziandone la stretta connessione; l'insegnamento di Elettronica Quantistica tratta in modo ragionevolmente completo del particolare settore dei dispositivi "optoelettronici", in cui si ha interazione fra segnali luminosi e segnali elettrici, illustrandone le principali applicazioni (laser, olografia, rivelatori per infrarosso, ecc.). Gli altri insegnamenti dell'indirizzo consentono all'allievo che lo desideri di approfondire alcuni argomenti di base od applicativi bene inquadrati nel contesto della Microelettronica.

Indirizzo Automatica

L'indirizzo Automatica ha lo scopo di estendere ed approfondire la conoscenza delle teorie e tecniche relative al controllo automatico e, più in generale, all'automazione degli impianti. Le conoscenze di base, infatti, specifiche in questo indirizzo, sono fornite dai due insegnamenti obbligatori di Teoria dei Sistemi, che tratta le proprietà generali dei sistemi dinamici, e di Controlli automatici I, che riguarda l'analisi e il progetto dei sistemi di controllo in retroazione, caratterizzati da una sola variabile controllata e da specifiche relativamente semplici.

Poiché con lo sviluppo dell'automazione mediante i calcolatori elettronici le esigenze operative e progettuali sono divenute più severe e complesse, nei corsi a scelta che costituiscono l'indirizzo sono esposti i metodi di *identificazione*, cioè di definizione su base sperimentale di modelli matematici dei sistemi da controllare idonei alla soluzione del problema di controllo; sono descritte tecniche di controllo più avanzate, con particolare riguardo per il *controllo multivariabile*, che tratta il caso di più variabili controllate, *il controllo ottimo*, con cui si intende rendere minimo o massimo un indice di comportamento quantitativamente stabilito, il *controllo adattativo*, che si applica nel caso di conoscenza scarsa o nulla dei parametri del sistema

da controllare. Sono poi considerati gli *aspetti tecnologici* con particolare riguardo per i dispositivi di trasduzione ed elaborazione di segnali, di regolazione ed attuazione realizzati sia elettronicamente che con altra tecnologia; sono presentate le caratteristiche hardware e software e gli impieghi del *calcolatore di processo*, oltre che nella regolazione delle variabili, anche nel controllo di sequenza, nella supervisione e nella gestione degli allarmi, funzioni che, nel loro insieme, realizzano *l'automazione* degli impianti. Altri argomenti sviluppati riguardano la *programmazione matematica* e la *ricerca operativa*, in cui si affrontano e risolvono problemi di organizzazione e gestione la cui conoscenza completa la formazione dell'esperto in automazione. Integrano l'indirizzo approfondimenti di informatica, riguardante in particolare l'*architettura dei calcolatori*, i *sistemi operativi* e i *linguaggi di programmazione*, che sono particolarmente importanti per il tecnico dei controlli.

Indirizzo Bioingegneria

L'indirizzo di Bioingegneria si propone di dare le basi metodologiche e le competenze tecniche generali per l'inserimento professionale dell'ingegnere elettronico nelle strutture ospedaliere. La vastità e la complessa articolazione della moderna ingegneria clinica sono tali da non consentire la concentrazione in pochi corsi dei concetti e delle nozioni necessari per una vera e propria specializzazione. L'indirizzo deve essere quindi inteso come un corpo di insegnamenti propedeutici a corsi di studi specifici e alle attività pratiche indispensabili per la formazione professionale dell'ingegnere clinico.

I corsi dell'indirizzo hanno carattere prettamente ingegneristico e sono ampiamente collegati con i contenuti dei corsi fondamentali dell'ingegneria elettronica. Cosí, ad esempio, la struttura e il funzionamento dei sistemi fisiologici sono interpretati con l'ausilio di modelli fisico-matematici e lo studio del comportamento dinamico è fatto con la metodologia generale dell'ingegneria dei sistemi. Quest'ultima trova ampia applicazione nello studio delle strutture sanitarie e dei servizi ospedalieri, la cui gestione è possibile soltanto con una solida competenza informatica.

Strettamente collegata con i corsi di elettronica generale e applicata è la trattazione dei principali apparati di misura delle grandezze biologiche.

Oltre ai corsi caratterizzanti sono inseriti nell'indirizzo corsi meno specifici allo scopo di fornire allo studente una più ampia scelta e di consentire connessioni con indirizzi metodologicamente affini.

Indirizzo Informatica

L'indirizzo di Informatica ha lo scopo di fornire conoscenze di base sul progetto, sulle modalità di funzionamento e sulle tecniche di impiego dei calcolatori elettronici. In particolare vengono affrontate le problematiche della strutturazione dei programmi e della progettazione del software, le proprietà dei principali linguaggi di programmazione ed i relativi traduttori. Vengono trattati i problemi inerenti alla struttura, alla organizzazione ed al funzionamento dei calcolatori elettronici, le interfaccie e la comunicazione con le unità periferiche. Si introducono i concetti generali del software di base dei calcolatori, dei sistemi operativi ed il loro progetto. Vengono presentati gli aspetti organizzativi, tecnici ed economici derivanti dalla memorizzazione di

banche di dati e del relativo software di gestione. Vengono sviluppati infine i principali algoritmi per la ottimizzazione combinatoria, per la simulazione e per la risoluzione di problemi di algebra lineare.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA NUCLEARE

Il Corso di Laurea in Ingegneria Nucleare dell'Università di Bologna è stato istituito, con l'avvio degli insegnamenti del III anno della Scuola di Applicazione, nell'a.a. 1961-62. Attualmente il Corso di Laurea, cui afferiscono in totale circa 500 studenti, è strutturato su 29 esami, di cui 6 a scelta dello studente e che fanno capo a due indirizzi di specializzazione: l'Indirizzo Impianti e l'Indirizzo Neutronico-Combustibile. Dei 29 esami, solo uno dei 10 relativi al Biennio propedeutico è caratteristico del Corso di Laurea e viene prescelto dallo studente al II anno. Gli altri 19 esami vengono sviluppati nel Triennio di applicazione, e l'orientamento più propriamente nucleare si profila a partire dal IV Anno dopo ed accanto ad una preparazione tradizionale nel settore di base dell'Ingegneria.

L'indirizzo *Impianti*, che è nato dalla fusione dei due precedenti indirizzi, Elettrico e di Progettazione Meccanica, ha lo scopo di fornire le conoscenze di base sulla problematica di progetto, sulle modalità di funzionamento e sulle tecniche di impiego e di gestione dei componenti elettrotermo-meccanici delle centrali nucleari.

L'indirizzo *Neutronico-Combustibile*, che è nato dalla fusione dei due precedenti indirizzi, Combustibili Nucleari e di Progettazione Neutronica, ha lo scopo non solo di ampliare le conoscenze fisiche di base, ma anche di illustrare i metodi, sia di calcolo che di carattere sperimentale, connessi con la progettazione neutronica di un reattore nucleare e di quella del ciclo di combustibile associato ad un reattore nucleare.

DATI STATISTICI

A) Anno acc. 83-84. Studenti (in complesso) per Facoltà, Corso di Laurea, anno di Corso e Sesso
Facoltà di Ingegneria

	CORSO DI LAUREA	PRIMO		SECONDO		TERZO		QUARTO		QUINTO		FUORI C.		TOTALE	
		MF.	F.	MF.	F.	MF.	F.	MF.	F.	MF.	F.	MF.	F.	MF.	F.
02	Ingegneria Meccanica	132	4	131	3	121	2	129	2	123	1	414	8	1050	20
03	Ingegneria Elettrotecnica	17	1	25	1	30		32	1	38	2	134	4	276	9
04	Ingegneria Chimica	24	2	13	1	25	3	19		31	3	98	8	210	17
05	Ingegneria Mineraria	25	4	19	2	10	1	22	4	8	1	44		128	12
06	Ingegneria Elettronica	501	42	337	27	313	26	223	15	209	15	748	31	2331	156
07	Ingegneria Nucleare	37	5	30	2	34	3	29	2	38		117	6	285	18
08	Ingegneria Civile sezione Edile	210	20	188	23	203	13	141	15	171	12	617	71	1530	154
09	Ingegneria Civile sezione Idraulica	15	2	12		20	3	12		20	1	65	4	144	10
10	Ingegneria Civile sezione Trasporti	11		12		22	1	18	1	31		57	2	151	4
	Totali Facoltà	972	80	767	59	778	52	625	40	669	35	2294	134	6105	400

B) Anno acc. 82-83. Studenti (in complesso) per Facoltà, Corso di Laurea, anno di Corso e Sesso
Facoltà di Ingegneria

	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.
02	Ingegneria Meccanica	142	2	75	2	150	3	123	1	148	3	425	5	1063	16
03	Ingegneria Elettrotecnica	33	1	30		36	1	35	2	36	1	139	3	309	8
04	Ingegneria Chimica	19	2	15	3	27		32	3	26	3	99	8	218	19
05	Ingegneria Mineraria	17	2	13		28	4	9	1	16		41		124	7
06	Ingegneria Elettronica	386	26	248	19	262	20	207	15	225	14	701	25	2029	119
07	Ingegneria Nucleare	35	2	33	1	35	2	38		31	2	130	10	302	17
08	Ingegneria Civile sezione Edile	206	22	174	22	174	16	171	12	194	22	614	64	1533	158
09	Ingegneria Civile sezione Idraulica	19	1	11		18		13	1	21	2	70	3	152	7
10	Ingegneria Civile sezione Trasporti	11		11		18	2	27		17		61	3	145	5
	Totali Facoltà	868	58	610	47	748	48	655	35	714	47	2280	121	5875	356

C) Numero dei laureati, per i singoli Corsi di Laurea, negli ultimi cinque anni accademici

Anno Accademico Corsi di Laurea		78/79	79/80	80/81	81/82	82/83
Ing.	Meccanica	180	155	118	143	130
	Elettrotecnica	51	56	49	72	43
	Chimica	45	40	58	39	28
	Mineraria	14	10	19	11	14
	Elettronica	196	221	198	215	181
	Nucleare	38	50	63	45	42
	Civile Edile	232	203	162	185	152
	Civile Idraulica	14	24	18	24	19
	Civile Trasporti	35	29	23	21	16
Totale Laureati Ingegneria		805	788	708	755	625

NORMATIVA DI SEGRETERIA

(Facoltà di Ingegneria, Via Zamboni, 33 Bologna)
Responsabile: Dott. Maria Rita Bianco

1. - Immatricolazione

Le immatricolazioni si ricevono dal 1° Agosto al 5 Novembre.

Fino all'attuazione della riforma universitaria 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, e coloro che abbiano superato i corsi integrativi previsti dalla legge che ne autorizza la sperimentazione negli istituti professionali; *b)* i diplomati degli istituti magistrali e dei licei artistici che abbiano frequentato, con esito positivo, un corso annuale integrativo, da organizzarsi dai provveditorati agli studi, in ogni provincia, sotto la responsabilità didattica e scientifica delle università, sulla base di disposizioni che verranno impartite dal Ministero per la pubblica istruzione.

Fino all'attuazione della riforma della scuola secondaria superiore, ai diplomati degli istituti magistrali e dei licei artistici continuerà ad essere consentita l'iscrizione ai corsi di laurea per i quali è prevista l'ammissione dalle norme vigenti alla data di entrata in vigore della legge 11 dicembre 1969, n. 910; per lo stesso periodo di tempo si applicheranno, inoltre, le disposizioni del decreto-legge 22 dicembre 1968, n. 1241, convertito nella legge 12 febbraio 1969, n. 8, concernente l'iscrizione alle facoltà ed agli istituti superiori di magistero.

Indipendentemente dal titolo di istruzione secondaria superiore posseduto, chiunque sia fornito di laurea può iscriversi ad altro corso di laurea.

Inoltre i Diplomati presso la Scuola Europea di Bruxelles in possesso di licenza liceale europea possono iscriversi direttamente alle varie Facoltà, secondo le modalità previste dallo statuto della Scuola stessa.

La domanda di immatricolazione indirizzata al Rettore e *redatta su apposito modulo* (sul quale va applicata una marca da bollo da L. 700), da ritirare presso le tabaccherie della zona universitaria o presso la sede di viale Zanolini, deve contenere i seguenti dati:

a) nome e cognome del richiedente;
b) luogo (comune e provincia) e data di nascita;
c) residenza ed indirizzo della famiglia;
d) abitazione propria in Bologna (se lo studente abita presso terzi, deve indicare l'indirizzo completo della famiglia presso la quale egli abita).
e) Facoltà e corso di laurea al quale lo studente intende iscriversi.

La domanda deve essere corredata dei seguenti documenti:

1°) Diploma originale di studi medi o certificato sostitutivo dello stesso o in via provvisoria, per coloro che si sono diplomati nell'anno scolastico 1983/84 un certificato

in carta legale degli studi compiuti[1], **non**, però, **copia notarile del diploma**. *Il certificato deve in ogni caso essere sostituito prima dell'inizio della sessione estiva di esami dal diploma originale* (è opportuno ricordare che l'art. 142 del T.U. delle leggi sull'istruzione superiore vieta la *contemporanea* iscrizione a diverse Università, a diverse Facoltà o Scuole della stessa Università e a diversi corsi di laurea o di diploma della stessa Università e a diversi corsi di laurea o di diploma della stessa Facoltà o Scuola. Pertanto le iscrizioni effettuate e le carriere scolastiche svolte – compresi gli esami sostenuti – in contravvenzione alla predetta norma, sono prive di efficacia e vengono annullate);

I diplomati anteriormente al 1983/84 *debbono* presentare esclusivamente il diploma originale. La stessa norma vale per coloro che intendono conseguire altra laurea.

2°) Ricevuta di pagamento della prima rata delle tasse (uguale per tutte le Facoltà). Coloro che aspirano alla dispensa delle tasse o all assegno di studio vedano le apposite disposizioni.

3°) Tre fotografie, formato tessere su fondo bianco, una delle quali applicata su carta legale e autenticata dall'autorità competente.

4°) Scheda statistica, debitamente compilata in tutte le sue parti.

I possessori di un reddito netto superiore a tre milioni dovranno provvedere al pagamento della tassa prevista dall'art. 4 della legge 18 dicembre 1951, n. 1551.

2. - Immatricolazione degli stranieri e degli italiani in possesso di titoli di studio stranieri

A – Disposizioni Generali

I cittadini stranieri che desiderano ottenere presso una Università italiana l'immatricolazione o l'iscrizione ad anni successivi al primo devono presentare, entro il 15 aprile, la seguente documentazione alle Rappresentanze diplomatiche o consolari italiane del Paese ove risiedono:

1) domanda di iscrizione all'Università prescelta con l'indicazione del corso di laurea o diploma che intendono intraprendere;
2) documento di identità personale, tradotto, legalizzato e autenticato, con applicata la propria fotografia;
3) una fotografia formato tessera, identica a quella riportata sul documento di identità;
4) titolo di studio utile per l'ammissione all'Università in originale o copia autenticata, munito di traduzione, legalizzazione e di dichiarazione sul suo valore;
5) dettagliato curriculum degli studi seguiti.

---

(1) Tale certificato, se rilasciato da un Capo di Istituto non statale, fuori della provincia di Bologna, deve essere legalizzato dal competente Provveditore agli Studi.

Coloro che alla data del 15 aprile non avessero conseguito il titolo di studio in quanto non ancora ultimato l'anno scolastico, lo consegneranno, sempre tradotto e legalizzato, direttamente all'Università prescelta al momento del perfezionamento dell'immatricolazione.

B — Norme di ammissione

Essendo stato preventivamente stabilito un determinato contingente di posti per ogni corso di laurea o diploma, tutti gli studenti stranieri, per essere ammessi alle Università italiane, devono sostenere una prova di ammissione. Tale prova deve tendere ad accertare il possesso della conoscenza linguistica necessaria per intraprendere il corso di laurea o diploma prescelto, pur essendo orientata su nozioni delle materie oggetto di studio nel corso di laurea al quale si chiede di essere iscritti.

La prova di ammissione si svolgerà il giorno 10 ottobre presso ogni singola sede universitaria davanti ad apposite Commissioni nominate dalla Facoltà.

Nell'ambito dei posti disponibili verrà data preferenza alle seguenti categorie di studenti stranieri:

1) studenti che abbiano partecipato ai concorsi di ammissione negli Atenei dei propri Paesi e non abbiano potuto ottenere l'ammissione, pur avendo superato le prove, per indisponibilità del numero chiuso;
2) profughi politici;
3) cittadini dei Paesi membri della CEE;
4) cittadini dei Paesi in via di sviluppo;
5) studenti provenienti da Paesi che non abbiano istituzioni scolastiche a livello universitario o equiparabile o nei quali non siano attivati corsi universitari del tipo prescelto;
6) studenti cui siano state assegnate borse di studio da parte di Governi stranieri nonché da parte di istituzioni ufficiali straniere.

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.

L'iscrizione ai corsi universitari verrà effettuata sulla base di una graduatoria di merito compilata, per ciascun corso di laurea, dalla competente Commissione giudicatrice. Gli aventi diritto dovranno perfezionare l'iscrizione con le modalità e nei termini previsti dalle norme vigenti.

Le Facoltà, sempre nell'ambito dei posti disponibili, possono concedere abbreviazioni di corso a quegli studenti che risultino in possesso di idonei requisiti scolastici, sempre se trattasi di studenti che abbiano superato la prova di ammissione.

Le Rappresentanze diplomatiche o consolari italiane rilasciano agli studenti interessati il visto di ingresso per motivi di studio fino al 31 dicembre. Dopo tale data non saranno ammessi studenti non forniti del predetto visto.

C — Norme per l'iscrizione alle scuole dirette a fini speciali

I cittadini stranieri che desiderino ottenere l'immatricolazione alle scuole dirette a fini speciali, devono presentare, entro il 15 aprile, la documentazione alle

Rappresentanze diplomatiche o consolari italiane del Paese ove risiedono.

La documentazione è quella richiesta per l'iscrizione ai vari corsi di laurea.

Le ammissioni avverranno per concorso, stante il numero dei posti limitato sia per gli studenti italiani, sia per gli studenti stranieri.

D – Norme per l'iscrizione alle scuole di specializzazione e corsi di perfezionamento

I cittadini stranieri che chiedono l'iscrizione alle Scuole di specializzazione e ai Corsi di perfezionamento, devono presentare, entro il 30 giugno, la documentazione alle rappresentanze diplomatiche e consolari italiane del Paese di residenza.

Si ricorda che l'ammissione alle Scuole di specializzazione e ai Corsi di perfezionamento non dà diritto all'interessato di ritenersi in possesso di un titolo accademico italiano.

La documentazione è quella richiesta per l'ammissione ai vari corsi di laurea unitamente al diploma di laurea tradotto e legalizzato dalle Rappresentanze diplomatiche o consolari italiane.

Le ammissioni avverranno per concorso, stante il numero dei posti limitato sia per gli studenti italiani, sia per gli studenti stranieri.

E – Categorie di studenti che non entrano nel contingente dei posti messi a disposizione e che non devono sostenere la prova di ammissione

1) Cittadini stranieri che abbiano frequentato l'intero ciclo degli studi secondari all'estero in Scuole pubbliche dove l'insegnamento sia impartito in lingua italiana e che siano in possesso di un titolo di studio finale valido per l'ammissione all'Università nel Paese in cui è stato conseguito.

2) Cittadini stranieri che abbiano interamente seguito gli studi secondari presso le Scuole tedesche in Italia.

3) Cittadini stranieri che abbiano interamente seguito gli studi secondari presso il Liceo francese di Roma "Chateaubriand".

4) Cittadini stranieri in possesso del titolo finale conseguito presso il Liceo armeno "Moorat Raphael".

5) Cittadini stranieri in possesso della maturità europea.

6) Cittadini italiani in possesso di documentazione debitamente perfezionata dalle competenti autorità diplomatico-consolari.

Le domande degli appartenenti alle suddette categorie di studenti potranno essere presentate direttamente dagli interessati entro il 5 novembre.

a) Cittadini italiani non appartenenti alla Repubblica (cioè cittadini stranieri di nazionalità e madrelingua italiana come, ad esempio, cittadini elvetici del Canton Ticino).
b) Cittadini stranieri cui siano state assegnate borse di studio da parte del Governo italiano nonché da parte 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 stranieri che non ritengono necessaria la frequenza di detti corsi, debbono sostenere la prova di conoscenza della lingua italiana presso l'Ateneo prescelto.

c) Cittadini stranieri che chiedono il riconoscimento di un titolo accademico straniero.
d) Cittadini stranieri che chiedono l'iscrizione a corsi singoli.

Le domande degli appartenenti alle suddette categorie di studenti dovranno essere inoltrate alle Università per il tramite delle componenti Rappresentanze diplomatiche o consolari italiane all'estero e pervenire entro il 5 novembre.

F — Iscrizione ad anni di corso successivi al primo

E' previsto anche il riconoscimento di un periodo di studio universitario compiuto all'estero presso una Università statale o legalmente riconosciuta. In tal caso gli studenti interessati potranno chiedere di essere ammessi ad un anno di corso successivo al primo (*Immatricolazione con abbreviazione di corso*).

L'eventuale abbreviazione viene concessa previo esame della documentazione esibita, a insindacabile giudizio del Consiglio della Facoltà presso la quale il candidato chiede di essere immatricolato.

G — Riconoscimento di titoli accademici esteri o di periodi di studio universitario compiuto all'estero

I cittadini stranieri potranno ottenere il riconoscimento di un titolo accademico estero, ed il conseguente rilascio della laurea italiana corrispondente, alle condizioni che saranno stabilite caso per caso dalle competenti Autorità accademiche.

3. - Norme generali relative alla carriera scolastica

A - *Validità dell'anno e attestazioni di frequenza.*

Nessun anno di corso è valido se lo studente non è iscritto almeno a 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, 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.

C - *Esami di profitto.*

La domanda di ammissione agli esami di profitto per l'intero anno accademico è unificata con quella di immatricolazione o di iscrizione. Pertanto, nel periodo 1° agosto - 5 novembre va presentata la predetta domanda unificata, da valere per le tre sessioni dell'anno accademico 1984/85.

Gli iscritti ad anni successivi al primo devono allegare obbligatoriamente il libretto di iscrizione sul quale la Segreteria annoterà la regolarità della posizione am-

ministrativa ed apporrà il timbro comprovante l'avvenuta presentazione della domanda di esame.

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

In particolare:

- per i corsi raddoppiati per numero di studenti, dovrà sostenere l'esame davanti alla Commissione presieduta dal Docente titolare del corso 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 deve pagare la soprattassa di L. 500;
- gli esami di profitto non possono essere sostenuti più di due volte in un annò accademico, compresa la sessione straordinaria di febbraio;
- gli esami sostenuti in violazione delle norme che regolano la propedeuticità stabilite per Statuto saranno annullati;
- nell'appello straordinario di febbraio gli studenti non possono sostenere più di due esami di profitto, oltre a quello di laurea o diploma.

Tale limitazione non si applica agli studenti fuori corso da oltre un anno.

D - *Esami di Laurea o Diploma.*

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
- Sessione straordinaria 15 gennaio

L'ammissione di uno studente all'esame di laurea esige il controllo dell'intera carriera scolastica: pertanto *tali scadenze* sono improrogabili e per nessun motivo potranno essere concesse deroghe.

Per la documentazione rivolgersi alla Segreteria della Facoltà cui si è iscritti.

Modalità per essere ammessi a sostenere l'esame di laurea

1) Domanda in carta legale da L. 700 indirizzata al Magnifico Rettore con l'indicazione delle generalità, indirizzo, relatore, numero di matricola, per l'ammissione all'esame di laurea;
2) Domanda in carta legale da L. 700, indirizzata al Magnifico Rettore, intesa ad ottenere il rilascio dei diploma di laurea;
3) Ricevuta del pagamento di L. 3.000 (sopratassa esame di laurea), L. 11.000 (pergamena) e di L. 300 (rilascio diploma), rilasciata dall'Esattoria dell'Università;
4) Ricevuta di L. 60.000 per tassa diploma di laurea, da pagarsi sul C/C/P n. 1016 intestato all'Ufficio del Registro tasse scolastiche Roma. Coloro che hanno ottenuto il presalario sono tenuti al pagamento del solo *contributo di pergamena (L. 11.000);*

5) Tagliando rilasciato dalla Biblioteca Universitaria (Via Zamboni, 35);
6) L'argomento della Tesi di Laurea, trascritto su apposito modulo firmato dal Relatore, va depositato in Segreteria cinque mesi prima della data di Laurea;
7) Il frontespizio (riproduzione su un foglio bianco della dicitura completa riportata sulla copertina della Tesi), firmato dal Relatore e con l'indicazione dell'insegnamento nell'ambito del quale è stato svolto l'argomento di Tesi, va consegnato in Segreteria; in doppia copia, 20 giorni prima dell'appello;
8) Una copia della Tesi di Laurea va depositata in Segreteria 20 gg. prima della data di Laurea.
9) *Il libretto d'iscrizione, completo di tutti gli esami previsti per l'ammissione all'esame di laurea, deve essere consegnato in Segreteria almeno 20 gg. prima della data fissata per l'esame di laurea.*

N.B. Il termine di cui al punto 9 è assolutamente improrogabile.

E - *Conseguimento di un'altra laurea.*

I laureati che intendono iscriversi in altro corso di studi, devono farne domanda al Rettore, in carta legale da L. 700, entro il termine stabilito per l'immatricolazione unendo i documenti per essa richiesti, con esclusione di quelli già in possesso della Segreteria.

I laureandi dell'Università di Bologna che intendono immatricolarsi ad altro corso di laurea nell'anno accademico 1984/85, debbono presentare entro il 5 novembre, apposita domanda alla competente Segreteria; tale istanza sarà accolta sotto la condizione del conseguimento della laurea nella sessione autunnale, anche se in data posteriore al 5 novembre.

4. - Norme particolari relative alla carriera scolastica nella Facoltà di Ingegneria

Nel primo anno del corso saranno impartiti i seguenti insegnamenti comuni per tutti i tipi di laurea:

Analisi matematica I;
Geometria;
Fisica I;
Chimica;
Disegno.

Per essere iscritto al secondo corso lo studente dovrà aver superato due almeno fra i quattro seguenti esami:

Nel secondo anno di corso saranno impartiti i seguenti insegnamenti comuni per tutti i tipi di laurea:

Analisi matematica II;
Meccanica razionale;
Fisica II,

oltre ad altri insegnamenti, diversi per i singoli tipi di laurea, che verranno inclusi, con l'annotazione secondo anno, negli elenchi delle materie relative ai corsi di laurea stessi.

Per essere iscritti al terzo anno di corso gli studenti di tutti i corsi di laurea, ad eccezione dei corsi di laurea in ingegneria elettrotecnica, chimica, elettronica e nucleare, devono aver superato tutti gli esami relativi agli insegnamenti del primo anno e gli esami di almeno tre dei seguenti insegnamenti del secondo anno:

Analisi matematica II;
Meccanica razionale;
Fisica II;
Disegno II.

Gli studenti del corso di laurea in ingegneria elettrotecnica, per essere iscritti al terzo anno, devono aver superato tutti gli esami relativi agli insegnamenti del primo anno e gli esami di almeno tre dei seguenti insegnamenti del secondo anno:

Analisi matematica II;
Meccanica razionale;
Fisica II;
Metodi di osservazione e misura, opp. Chimica fisica dei materiali elettrici

Gli studenti del corso di laurea in ingegneria chimica, per essere iscritti al terzo anno, devono aver superato tutti gli esami relativi agli insegnamenti del primo anno e gli esami di almeno tre dei seguenti insegnamenti del secondo anno:

Analisi matematica II;
Meccanica razionale;
Fisica II;
Chimica applicata.

Gli studenti del corso di laurea in ingegneria elettronica, per essere iscritti al terzo anno, devono aver superato tutti gli esami relativi agli insegnamenti del primo anno e gli esami di almeno tre dei seguenti insegnamenti del secondo anno:

Analisi matematica II;
Meccanica razionale;
Fisica II;
Metodi di osservazione e misura.

Gli studenti del corso di laurea in ingegneria nucleare, per essere iscritti al terzo anno, devono aver superato tutti gli esami relativi agli insegnamenti del primo anno e gli esami di almeno tre dei seguenti insegnamenti del secondo anno:

Analisi matematica II;
Meccanica razionale;
Fisica II;
Fisica atomica.

Lo studente che sia stato iscritto al terzo anno e abbia superato soltanto tre degli esami relativi agli insegnamenti del secondo anno, elencati nei cinque precedenti

commi, ha l'obbligo di superare il quarto esame prima di sostenere qualsiasi esame del triennio di applicazione.

Gli insegnamenti tenuti per i singoli corsi di laurea oltre a quelli già elencati come comuni a tutti i corsi stessi durante il primo e il secondo anno si distinguono in:

a) obbligatori sul piano nazionale;
b) obbligatori sul piano della facoltà;
c) a scelta per gruppi da parte degli studenti.

Coloro i quali abbiano seguito il corso di studi, cui sono iscritti, per l'intera sua durata, senza aver preso l'iscrizione a tutti gli insegnamenti prescritti per l'ammissione all'esame di laurea o diploma o senza averne ottenuto le relative attestazioni di frequenza, debbono iscriversi come ripetenti per gli insegnamenti mancanti di iscrizione o di frequenza.

Per essere ammesso all'esame di laurea lo studente dovrà aver seguito i corsi e superato gli esami in tutti gli insegnamenti del quinquennio obbligatori sia sul piano nazionale (a) sia sul piano di Facoltà (b) prescritti per il corso di laurea cui è inscritto nonchè gli insegnamenti del gruppo (c) da lui prescelto nell'ambito di quelli stabiliti per lo stesso corso di laurea. Si precisa che il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità per ciascun Corso di Laurea.

L'esame di laurea consiste nella discussione o di un progetto o di una ricerca tecnica svolti dal candidato. Le modalità per l'assegnazione e lo svolgimento del progetto o della ricerca vengono fissate dal Consiglio di Facoltà.

Per gli studenti che provengono, con foglio di congedo, da altra Facoltà o Università, l'iscrizione e l'ulteriore svolgimento della carriera scolastica saranno determinate, di volta in volta, dal Consiglio di Facoltà.

Eventuali equivalenze o sostituzioni tra insegnamenti di cui è stato superato l'esame ed insegnamenti della futura carriera scolastica potranno essere riconosciute, su richiesta dell'interessato, solo all'atto del trasferimento o del cambiamento di corso. La stessa norma vale anche per coloro che si iscrivono essendo in possesso di altre lauree.

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

A - *Trasferimenti ad altra Università (congedi).*

Lo studente può trasferirsi ad altra Università nel periodo dal 1° agosto al 31 dicembre.

La domanda di trasferimento, redatta su carta legale e indirizzata al Magnifico Rettore, deve essere accompagnata:

a) dalla ricevuta del versamento di L. 5.500 per diritti di congedo;
b) dal libretto di iscrizione.

Non può ottenere il trasferimento lo studente non in regola col pagamento delle tasse, sopratasse 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 - *Trasferimenti da altre 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 su carta legale 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.
b) fotografia autenticata su carta legale;
c) scheda statistica debitamente compilata in tutte le sue parti;
d) ricevuta del versamento di L. 5.500 per diritti di trasferimento;
e) 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;
f) domanda indirizzata al Consiglio di Facoltà, redatta su apposito modulo da ritirarsi in Segreteria.

C - *Passaggi 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, in carta legale da L. 700, dal 1° agosto *entro e non oltre il 31 dicembre.*

Alla domanda vanno allegati:
a) quietanza del pagamento delle tasse e contributi dovuti per il corso di studi in cui lo studente si trova iscritto alla data della domanda;
b) ricevuta del versamento di L. 5.500 per diritti di trasferimento;
c) libretto d'iscrizione.

Lo studente, ottenuto il passaggio, deve provvedere, entro lo stesso termine del 31 dicembre, a presentare domanda al Rettore, in carta legale da L. 700, presso la Segreteria della Facoltà nella quale ha chiesto di trasferirsi.

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, poichè titolare del potere di approvazione, modifica o rigetto dei piani di studio autonomi è il Consiglio di Facoltà, 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 Facoltà 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, semprechè abbiano superato gli esami previsti dallo Statuto di questa Facoltà per l'iscrizione al terzo anno.

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

Gli studenti in debito di esame degli insegnamenti di Analisi matematica I e II, Geometria, Fisica I e II e Meccanica razionale sono tenuti a sostenere gli esami relativi con le Commissioni presiedute dai Docenti che hanno impartito le lezioni del Corso (individuato dal numero di codice, anno accademico e Corso di Laurea) di cui è stata ottenuta l'attestazione di frequenza, anche in caso di successivi trasferimenti ad altro Corso di Laurea.

Gli studenti in debito di esame, che abbiano ottenuto l'attestazione di frequenza dei suddetti insegnamenti presso altra Facoltà, sono tenuti a sostenere i relativi esami con le Commissioni presiedute dai Docenti che hanno impartito le lezioni del Corso nell'A.A. in cui lo studente è stato trasferito presso questa Facoltà.

Per gli studenti in debito di esame di tutti gli altri insegnamenti sia del biennio propedeutico che del triennio di applicazione, le Commissioni competenti sono quelle dei Corsi afferenti al Corso di Laurea al quale lo studente risulti regolarmente iscritto nell'A.A. in cui si presenta a sostenere l'esame.

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 finchè 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 reiscrizione 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:

Insegnamento seguito	Convalidato per
Calcolo elettronico	Calcolo numerico e programmazione
Chimica applicata (1)	92 Chimica applicata (Meccanici e Minerari)
	5693 Chimica fisica dei materiali elettrici
	1043 Tecnologia dei materiali e chimica applicata
Chimica applicata ai materiali da costruzione	1043 Tecnologia dei materiali e chimica applicata
Disegno I	Disegno (2)
Disegno II (3)	3781 Disegno II (Minerari)
Elementi di calcolo numerico e programmazione	Calcolo numerico e programmazione
	5711 Programmazione dei calcolatori elettronici
Elettrotecnica	Elettrotecnica I
Geometria I	Geometria
Mineralogia	5725 Mineralogia e petrografia
Struttura della materia	406 Fisica atomica
Tecnologia dei materiali e chimica applicata	92 Chimica applicata (Meccanici e Minerari)
Tecnologia generale dei materiali	92 Chimica applicata (Minerari)
	2224 Tecnologia dei materiali
	1043 Tecnologia dei materiali e chimica applicata
Teoria e pratica delle misure	2004 Metodi di osservazione e misura

(1) L'attestazione di frequenza è comunque convalidata. Per il Corso di Laurea in Ingegneria Chimica la convalida dell'esame è subordinata al programma svolto nella Sede di provenienza.

(2) Agli iscritti al Corso di Laurea in Ingegneria Chimica potrà essere richiesto, in relazione al precedente curriculum, una prova integrativa di "Disegno di Impianti Chimici" da superare prima di ogni altro esame del triennio a partire dalla sessione estiva.

(3) Per i Corsi di Laurea in Ingegneria Civile ed Ingegneria Meccanica l'attestazione di frequenza ed esame di Disegno II vengono convalidati se l'insegnamento seguito è specifico del Corso di Laurea che lo studente intende seguire.

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 degli studi.

E - *Normativa per l'iscrizione di laureati in Architettura*

Le domande di ammissione alla Facoltà di Ingegneria per il Corso di Laurea in Ingegneria Civile (Sezione Edile) da parte di Laureati in Architettura vengono accolte con iscrizione al secondo anno di corso e con l'obbligo di frequenza ed esame delle seguenti materie: (1353) Analisi matematica II, (1370) Fisica II, (1378) Meccanica razionale, (430) Fisica tecnica, (275) Elettrotecnica, (890) Scienza delle costruzioni, (1061) Topografia, (1026) Tecnica delle costruzioni, (688) Meccanica applicata alle macchine e macchine (490) Idraulica, (204) Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti. Verrà fatto inoltre carico degli altri esami del Corso di Laurea in Ingegneria Civile (sez. Edile) dei quali il curriculum del richiedente fosse carente.

6 - Piani di studio individuali

(Legge 11.12.1969 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, purchè 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.

Le modifiche ai piani di studio richieste per gli anni accademici successivi al corrente, saranno operate in base a quanto in merito disporrà la prevista legge di riforma universitaria o, comunque, in base alla facoltà già oggi prevista per lo studente, di modificare "in itinere" il piano stesso.

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 purchè 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, agli albi delle varie Facoltà presso la Sede centrale.

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

A - *Criteri 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. Non è accettata la sostituzione di insegnamenti del biennio propedeutico che siano sbarranti (a parte le scelte proposte nel manifesto degli studi).

3. Un solo insegnamento semestrale non può sostituire un insegnamento annuale.

4. 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.

5. E' possibile accettare l'anticipazione degli insegnamenti complementari, purchè motivata.

6. Gli insegnamenti chiesti in sostituzione si collocano nell'anno di corso in cui il piano di studi ufficiale colloca gli insegnamenti soppressi.

7. 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.

8. Non è accettata la sostituzione di alcun corso con un insegnamento di lingue.

9. 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.

B - *Norme di massima per singoli Corsi di Laurea*

a) Corso di Laurea in Ingegneria Civile

1 — Non è consentita la sostituzione degli insegnamenti obbligatori sul piano nazionale (di tipo a) ed obbligatori sul piano della Facoltà (di tipo b).

2 — E' consentita la sostituzione di insegnamenti a scelta da parte degli studenti (di tipo c).

3 — L'accettazione delle sostituzioni proposte è subordinata all'esame di esse da parte dell'apposita Commissione istruttoria del Consiglio di Corso di Laurea (la quale accerta la validità del piano degli studi individuale nel suo complesso, seguendo il criterio di massima di ritenere accettabili sostituzioni volte ad introdurre nel piano degli studi un gruppo di materie che lo caratterizzino), ed alla approvazione del C.C.d.L. La Commissione è a disposizione degli studenti per fornire utili indicazioni in proposito.

b) Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

1 — Non è consentita la sostituzione di insegnamenti obbligatori su piano nazionale o di Facoltà.

2 — L'accettazione di piani di studio individuali è subordinata all'accertamento della validità del piano di studi proposto nel suo complesso, secondo il criterio di ritenere accettabili solo quelle sostituzioni che portino ad introdurre nel piano degli studi un gruppo di materie che lo caratterizzino in modo coerente con le finalità culturali del corso di laurea in Ingegneria meccanica.

c) Corso di Laurea in Ingegneria Elettrotecnica

Biennio:

L'insegnamento di "Metodi di osservazione e misura" può essere sostituito con "Chimica fisica dei materiali elettrici".

Triennio:

Sono sostituibili alle condizioni sotto indicate i seguenti insegnamenti:
"Idraulica" per chi non sceglie il corso di indirizzo "Impianti idroelettrici e di rivalutazione dell'energia";
"Meccanica applicata alle macchine" e "Macchine" possono essere sostituiti da "Meccanica applicata alle macchine e macchine" più ovviamente, un altro insegnamento, per chi non sceglie gli indirizzi 1 (Macchine elettriche) o 4 (Trasporti);
"Economia dell'ingegneria" per chi non sceglie l'indirizzo 2 (Impianti elettrici).

Insegnamenti di un gruppo di indirizzo, purchè non caratterizzanti, possono inoltre essere sostituiti con insegnamenti di altri gruppi.

In ogni caso l'accettazione delle sostituzioni proposte è subordinata all'esame delle stesse da parte dell'apposita commissione del Consiglio del corso di laurea che dovrà accertare la validità del piano degli studi nel suo complesso, seguendo il crite-

rio di massima di ritenere accettabili le sostituzioni che portino a introdurre nel piano degli studi un gruppo omogeneo di materie che lo caratterizzino. La Commissione è a disposizione degli studenti per fornire utili indicazioni in proposito.

d) Corso di Laurea in Ingegneria Chimica

1 — Non è consentita la sostituzione di insegnamenti obbligatori sul piano nazionale.

2 — Nei piani di studio individuali debbono comunque essere prescelti tre insegnamenti di uno stesso indirizzo.

e) Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica

1) Il piano degli studi deve rispettare il numero di 29 insegnamenti annuali previsto per il conseguimento del diploma di laurea.

2) L'ordine ufficiale degli studi prevede 25 insegnamenti obbligatori e cinque raggruppamenti di insegnamenti affini, denominati indirizzi di specializzazione, nell'ambito di uno dei quali lo studente deve scegliere i restanti 4 insegnamenti, tenendo presente che sono contrassegnati con * gli insegnamenti che caratterizzano l'indirizzo; se lo studente si attiene a tale normativa, gli è richiesto soltanto di comunicare alla Segreteria quali insegnamenti ha scelto.

In un piano di studi individuale è però anche consentito di scegliere insegnamenti non necessariamente appartenenti allo stesso indirizzo, di proporre la sostituzione di insegnamenti obbligatori e di frequentare e sostenere l'esame di un insegnamento in anticipo rispetto a quanto indicato nell'ordine degli studi; in tal caso lo studente deve presentare domanda di piano di studi individuale al C.C.d.L. entro il 31 dicembre di ciascun anno. Per poter conoscere l'esito della domanda prima dell'inizio dell'Anno Accademico è opportuno che essa venga presentata non oltre il 10 ottobre.

3) La formulazione del piano di studi deve essere fatta al quarto anno e può eventualmente essere cambiata negli anni successivi.

In sede di formulazione (o riformulazione) del piano di studi si consiglia di fare riferimento alle indicazioni riportate al punto 4. Si consiglia inoltre di operare delle scelte che rispettino il più possibile le propedeuticità indicate nei programmi dei vari insegnamenti.

4) I criteri che si suggerisce di seguire nella formulazione di un piano di studi sono illustrati nel diagramma di figura 1; per la comprensione del diagramma occorre fare riferimento alle seguenti note esplicative:

(a) E' vivamente consigliato l'inserimento del corso "Sistemi per l'elaborazione dell'informazione" per acquisire una formazione di base sugli aspetti di architettura di un calcolatore elettronico.

(b) Sono considerati particolarmente formativi per un piano di studi a "largo spettro" i seguenti insegnamenti:
Bioautomatica, Calcolatori elettronici, Campi elettromagnetici e circuiti II, Comunicazioni elettriche II, Controllo dei processi, Elettronica applicata III, Elettronica industriale, Linguaggi di programmazione, Microelettronica, Microonde, Ricerca operativa, Tecnologie dei sistemi di controllo.

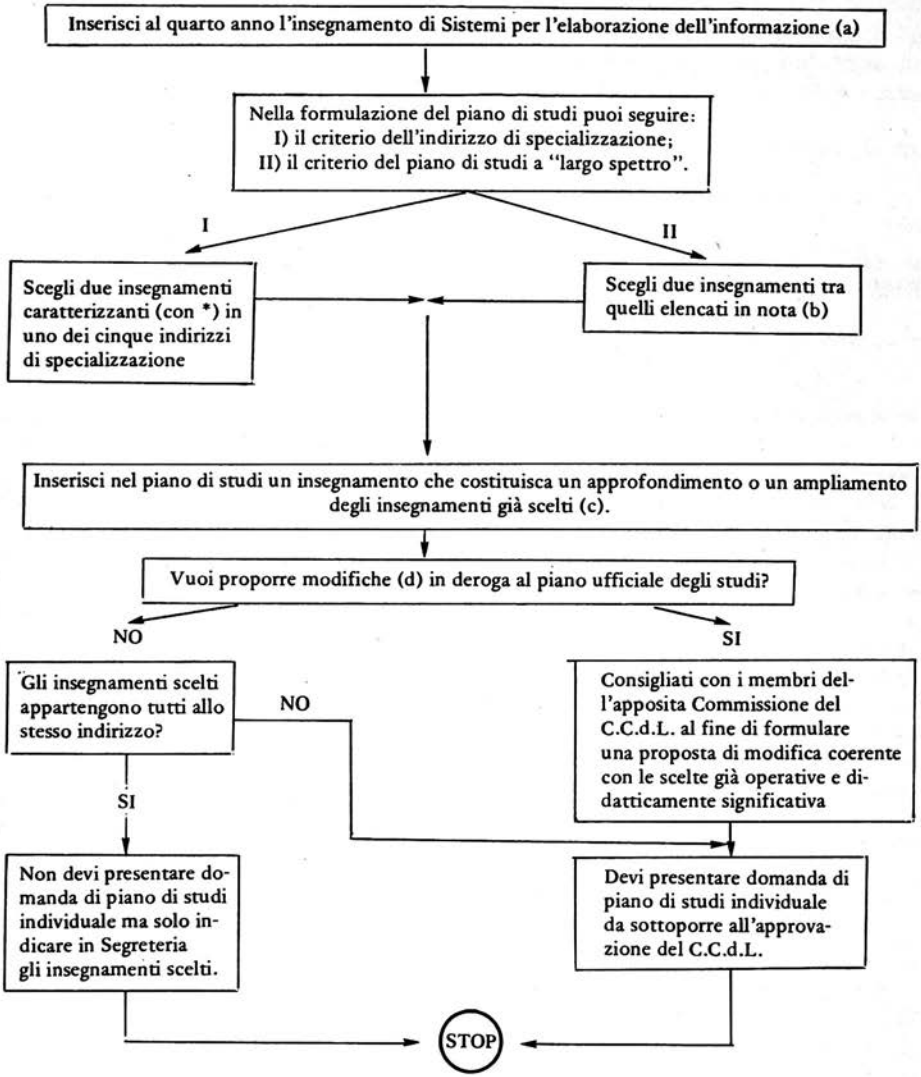


Figura 1

(c) E' consentita la scelta di un insegnamento annuale impartito anche presso altro Corso di Laurea dell'Università di Bologna, purché sia culturalmente significativo per un ingegnere elettronico e purché il programma non presenti sovrapposizioni con quelli degli altri insegnamenti proposti (sono esclusi gli insegnamenti di lingue straniere).

(d) E' consentito:
- di sostituire gli insegnamenti di Economia ed Organizzazione Aziendale e di Radiotecnica (quest'ultimo solo nel caso in cui il piano degli studi risultante non sia orientato verso le Telecomunicazioni).
- di frequentare al quarto anno un insegnamento del quinto, purché vengano rispettate le propedeuticità consigliate dal docente per l'insegnamento stesso.

5) Gli studenti che provengono da altre Sedi possono presentare un piano di studi individuale solo dopo l'avvenuta convalida del loro precedente curriculum da parte del C.C.d.L.

f) Corso di Laurea in Ingegneria Nucleare

Poiché in seguito all'attuazione del D.P.R. 382/80 potrà essere necessario apportare modifiche al piano di studi, il Consiglio di Corso di Laurea in Ingegneria Nucleare si propone di indire una riunione con gli studenti all'inizio dell'anno accademico e suggerire agli studenti di attendere tale riunione o di rivolgersi alla Commissione competente prima di presentare eventuale domanda di piano di studio individuale.

7. - Rilascio attestazioni.

Per ottenere il rilascio di certificati, l'interessato deve inoltrare domanda in carta legale (o su apposito modulo), diretta al Magnifico Rettore e presentarla alla competente Segreteria, indicandovi chiaramente cognome e nome, Facoltà, Corso di studi ed anno di appartenenza, numero di matricola e il tipo del certificato richiesto. La domanda va corredata della marca per diritto di segreteria.

Lo studente in difetto della presentazione di documenti o del pagamento di tasse o contributi, non può ottenere il rilascio di certificati.

Per ottenere il ritardo dal servizio militare di leva, occorre presentare alla Segreteria, insieme alla domanda d'iscrizione, apposita domanda in carta libera indirizzata al Distretto militare di appartenenza chiedendo il rinvio o il ritardo predetto. La domanda dovrà recare le generalità dell'interessato scritte chiaramente (cognome, nome, data e luogo di nascita) e l'indicazione del corso di studi seguito e anno di corso.

Tale domanda sarà presentata alla Segreteria, che provvederà a restituirla dopo averla corredata dell'attestazione circa la posizione scolastica dell'interessato.

Si ricorda che tale attestazione verrà rilasciata solo allo studente, in corso o fuori corso, che abbia sostenuto con esito favorevole almeno un esame nell'anno solare che precede quello per il quale viene richiesta la concessione del rinvio.

Per ottenere l'abbonamento ferroviario ridotto lo studente dovrà presentare alla Segreteria, insieme alla domanda d'iscrizione, domanda in carta legale da Lire 700, indirizzata alle Ferrovie dello Stato, chiedendo tale beneficio. La domanda dovrà contenere, in modo chiaro, le generalità dell'interessato, facoltà di appartenenza, corso di laurea e anno di corso. La domanda così compilata verrà restituita allo studente dopo che il Segretario vi avrà apposto in calce la dichiarazione attestante la posizione di studio. Lo studente presenterà poi domanda alla stazione di partenza.

8. - Dispensa dalle tasse e assegno di studio.

Per quanto riguarda la dispensa dalle tasse, l'assegno di studio e le altre provvidenze a favore degli studenti, si veda l'opuscolo a parte pubblicato dalla Sezione VIII Assistenza.

E' comunque necessario essere in regola con il proprio piano degli studi ed aver superato il numero di esami indicato nella tabella seguente:

ASSEGNO DI STUDIO ED ESONERO TASSE

Ai fini dell'assegno di studio e della dispensa dal pagamento delle tasse, soprattasse e contributi è necessario aver superato il seguente **numero di esami:**

CORSO DI LAUREA	ANNO DI CORSO				
	I	II	III	IV	V
Civile edile (1) a	5	6	6	6*	6*
Civile idraulica	5	6	6	6*	6
Civile trasporti	5	6	6	6	6
Meccanica (1)	5	5	6	6	7
Elettrotecnica	5	5	6	7	6
Chimica	5	5	6	7	6
Mineraria	5	6	5	7**	6*
Elettronica	5	5	6	6	7
in alternativa	5	5	6	7	6
Nucleare	5	5	7	6	6

* Diventano 7 se l'indirizzo prescelto prevede 2 esami semestrali.

** Diventano 8 se l'indirizzo prescelto prevede 2 esami semestrali.

1) Dal prossimo a.a. 1985/86 il numero degli esami da superare sarà 6 o 7 al IV anno e 6 o 5 al V anno, in dipendenza dal numero di materie di indirizzo scelte.

Esami da sostenersi ai fini dell'assegno di studio e dell'esonero tasse

A) Per la **dispensa dalle tasse** occorre superare, con la media prescritta, entro la sessione di fabbraio 1984 il numero di esami fissato per l'anno di corso frequentato nel 1982/83.

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

1^anno: in base all'esame di maturità (il pagamento del saldo dell'assegno di studio avverrà dopo il superamento di due esami del 1^anno);

2^anno: due esami del 1^anno nella sessione estiva;

3^anno: gli esami del 1^anno più due del 2^anno nella sessione estiva; tre per i civili ed i minerari;

4^anno: gli esami del 1^anno, gli esami del 2^anno, tre del 3^anno nella sessione estiva (per la laurea in ingegneria mineraria solo due esami);

5^anno: gli esami del 1^anno, gli esami del 2^anno, gli esami del 3^anno e tre del 4^anno entro la sessione estiva.

PROGRAMMI DELLE MATERIE DI INSEGNAMENTO

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE

Programmi delle materie di insegnamento del **biennio propedeutico** comuni a tutte le sezioni.

1349
ANALISI MATEMATICA I
Docente: **Silvano Matarasso** prof. ord.

Programma

Numeri reali - Numeri complessi - Successioni - Limiti - Calcolo differenziale per le funzioni di una variabile reale - Serie numeriche - Integrazione - Topologia di R^N - Funzioni di più variabili.

Testi consigliati

J.P. CECCONI, G. STAMPACCHIA, *Analisi matematica*, Liguori Ed.

1353
ANALISI MATEMATICA II
Docente: **Angelo Malferrari** prof. inc. stab.

Programma

Il corpo dei numeri complessi.

Ricerca delle primitive funzioni razionali e di alcune irrazionali.

Calcolo differenziale delle funzioni reali definite in parti di uno spazio euclideo. Derivazione parziale, differenziazione, funzioni implicite, formula di Taylor, massimi e minimi.

Integrali (Riemann) delle funzioni reali definite in parti limitate e misurabili di uno spazio euclideo. Derivazione sotto il segno di integrale. Teorema di Fubini.

Qualche caso di integrazione generalizzata.

Serie numeriche. Assoluta convergenza.

Successioni e serie di funzioni. Uniforme convergenza. Serie di potenze. Serie di Fourier.

Equazioni differenziali ordinarie in forma normale. Problema di Cauchy, Equazioni lineari. Equazioni a variabili separabili. Curve. Integrali curvilinei. Integrazione delle forme differenziali lineari.

Cenno sulle superfici e sugli integrali superficiali. Teoremi della divergenza e di Stokes.

Testi consigliati

Appunti di Analisi Matematica — tratti dalle lezioni — Libreria Editoriale Petroni, Bologna.

L'esame comporta una prova scritta e una prova orale.

1357

CHIMICA

Docente: **Giovanni Milani** prof. inc.

Il corso si propone in primo luogo un inquadramento razionale dei fondamenti della chimica, a partire dalla struttura atomica e molecolare, con particolari riferimenti alle proprietà degli elementi. Si studia poi la reazione chimica nei suoi diversi aspetti.

Si sottolineano in diverse occasioni temi di speciale interesse per la formazione di un ingegnere civile (corrosione elettrochimica, diagrammi binari ecc.).

Programma

1. Struttura macroscopica e microscopica dei sistemi chimici. Struttura atomica della materia, struttura del nucleo e radioattività, struttura elettronica degli atomi. Sistema periodico. Legame chimico.

2. I tre stati di aggregazione della materia.
   Stato gassoso, liquido e solido. Cambiamenti di stato e diagrammi di stato.

3. Le soluzioni.
   Gli elettroliti e le soluzioni elettrolitiche.

4. Le reazioni chimiche e l'equilibrio chimico.
   Elettrochimica, Cinetica, Termochimica; Stato di equilibrio e legge dell'azione di massa.
   Equilibri omogenei ed eterogenei.

5. Gli elementi chimici.

Il corso comprende esercizi e calcoli numerici.

Testi consigliati

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di chimica*, UTET.
B.H. MAHAN, *Chimica Generale e Inorganica*, CEA.

Esami orali.

1362
DISEGNO
Docente: **Valerio Valeriani** prof. ass.

Finalità del Corso: indirizzare l'allievo al pratico impiego dei metodi e dei procedimenti di rappresentazione in conformità alle esigenze del disegno tecnico, relativo a tematiche proprie dell'Ingegneria Civile.

Programma

- Fini del disegno tecnico. Il disegno "a mano libera" e geometrico. Strumenti. Norme ed unificazioni, specie in rapporto all'esigenza della prefabbricazione. Scritture e contenuti di informazione (intestazioni generali, sottotitoli ecc.). Riproduzioni disegni.
- Scale: i rapporti di scala più appropriati alle finalità documentative (planimetrie, insiemi, particolari ecc.).
- Figure piane: curve notevoli, raccordi, archi policentrici.
- Quote: scopo delle quote e criteri di quotatura; sistemi di quote e scelta dei riferimenti.
- Nozioni elementari di geometria proiettiva grafica.
- Proiezioni ortogonali.
- Sezioni piane (scopi, convenzioni, norme); sezioni cilindriche.
- Proiezioni oblique: teoria delle ombre ed applicazioni.
- Proiezioni quotate.
- Prospettiva concorrente (frontale ed accidentale).
- Assonometria (ortogonale ed obliqua); assonometrie unificate.
- Disegno di superfici semplici e complesse (rigate, di rotazione, elicoidali) particolarmente importanti per le opere di ingegneria civile. Innesti e raccordi di superfici; superfici sviluppabili. Applicazioni nella carpenteria di collegamenti mobili (filettati) e fissi (chiodature, strutture saldate).
- Disegno di elementi edili architravati ed archivoltati, di strutture reticolari, di rampe di scale, di coperture a falde piane inclinate (semplici e complesse); disegno della planimetria, del profilo longitudinale e delle sezioni trasversali nel progetto di un tronco di strada ovvero di canalizzazione.

– Primo approccio alla documentazione grafica su basi razionali, con eventuale completamento di analisi di ricerca (storica, artistica ecc.), di elementi tratti – a scelta dell'Allievo o di gruppi di Allievi – da opere esistenti, con particolare riguardo al loro inserimento nel tessuto territoriale.

Testi consigliati

R. BALLETTI, V. VALERIANI, *Disegno*, Ed. Pitagora Bologna.
M. VILLA, *Elementi di proiettiva grafica, geometria descrittiva, nomografia*, Ed. CEDAM Padova.
Manuale dell'Architetto.

Le esercitazioni consistono nell'esecuzione di una prova extempore, che costituiscono titolo valido per l'ammissione all'esame.

Gli esami comprendono una prova grafica e una prova orale. La prova orale è basata essenzialmente sulla "lettura" ragionata e interpretativa dei contenuti degli elaborati eseguiti durante l'anno.

3656
DISEGNO II (Edili, ind.: Architettura A, B, C; Costruzioni, Impianti)
Docente: **Giorgio Praderio** prof. ass. (inc.)

Programma

Il Disegno come dimensione progettuale e come problema di progetto. In particolare il Disegno come tecnica di rappresentazione e comunicazione degli spazi abitati. Il Disegno come momento di suddivisione-ricomposizione del rapporto tra la fase teorica e la fase applicativa del progetto. Il Disegno come primo approccio alla conoscenza dei sistemi costruttivi a livello di compito edilizio. Il Disegno come insieme di strumenti, tecniche e processi di rappresentazione finalizzati ad oggettivare e pertanto a comunicare un oggetto spaziale all'interno dei compiti progettuali. Rapporto tra il disegno ed il processo di approccio alla forma dell'oggetto: il Disegno come processo di progetto. Campi di applicazione dei disegni in relazione agli sbocchi disciplinari dell'ingegneria civile. In particolare, rapporto tra le tecniche di comunicazione e rappresentazione visuali del progetto con le esigenze poste dai processi di organizzazione dello spazio in relazione alle fasi del processo (ideativa, di massima ed esecutiva), ai suoi possibili contenuti, forme e strutture ed alle diverse scale operative (dal territorio, all'ambiente e all'edificio sino al particolare). Prima analisi dei sistemi costruttivi ricorrenti nel settore edilizio, articolati per sistemi geometrici di modulazione, sistemi di componenti costruttivi e tecniche di assemblaggio. La modellistica e le tecniche avanzate di rappresentazione.

Testi consigliati

L. BENEVOLO, *Storia dell'Architettura Moderna*, Ed. Laterza.

L. BENEVOLO, *Il Disegno*, Ed. Laterza.
Riviste di Architettura ed Ingegneria.
Manuale del NEUFERT

Le indicazioni bibliografiche sono da considerarsi come riferimenti generali in relazione ai temi svolti; esse saranno integrate con indicazioni specifiche.

Esercitazioni ed esami

Il corso prevede esercitazioni pratiche obbligatorie su di un tema edilizio reale in modo da poter agganciare i contenuti delle comunicazioni ad esperienze progettuali realizzate. Le esercitazioni, da condursi per gruppi di lavoro (5-7 st.), devono poi aprirsi a sperimentazioni personali per verificare l'esperienza acquisita.

L'esame consiste in una prova scritta (grafica) ed in una orale. La prova scritta può essere svolta previa accettazione dei lavori di esercitazione.

Propedeuticità consigliate

Essenzialmente Disegno e Geometria.

(per maggiori dettagli e la bibliografia consigliata, v. l'opuscolo "Programmi di insegnamento" dell'Istituto di Architettura e Urbanistica).

3656
DISEGNO II (Edili, ind.: Architettura D, Territorio; Idraulici, Trasporti)
Docente: **Alberto Pratelli** prof. ass.

Il corso è svolto attraverso una serie di lezioni ed esercitazioni strettamente connesse. Mentre l'esperienza diretta sul disegno dovrà essere il più possibile continua, le lezioni assumono, parallelamente, una speciale funzione di esempio e di stimolo, descrivendo nelle varie fasi i connotati che la disciplina può assumere. Le lezioni teoriche quindi sono sempre 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.

L'introduzione al corso, oltre a configurare la disciplina nel suo essere attuale, uso, materiale e strumenti necessari, invita ad indagare sui processi di preparazione e di progettazione del disegno stesso e sulla lettura del disegno inteso anche come strumento della progettazione. La parte teorica seguente esemplifica le varie scale in cui ciò può avvenire.

Programma

Parte prima: lettura e rappresentazione. Approccio ai problemi della rappresentazione del territorio e dell'esistente. Si intende 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 il corso 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.

In tutte le varie fasi il disegno viene esemplificato come somma di operazioni diverse (destinate cioè a operatori diversi), individuandone così le problematiche aperte dalla odierna pratica progettuale, che tende ad usare meccanismi di conoscenza aperti a più operatori, in quanto sempre più spesso compiuta attraverso successive collaborazioni che hanno bisogno di essere individuate.

Se è vero che ciascuno tende a disegnare "solo ciò che vede, tra le cose che guarda" è importante allora identificare l'oggetto delle attenzioni, non in maniera scolastica e ripetitiva, ma con una precisa operazione di selezione, che identifica, nei fatti, il grado della nostra cultura.

Parte seconda: le diverse scale dell'intervento progettuale. In questa parte vengono specialmente identificati i sistemi di rappresentazione dell'elemento da costruirsi e non ancora esistente, delle maniere con cui potrà essere realizzato e della forma che dovrà assumere. Si tende a 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 organizzazioni 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 costruttivi; progettazione e organizzazione dei disegni esecutivi; il disegno della progettazione.

Parte terza: l'uso degli strumenti di elaborazione dello spazio. La parte ultima, fondamentale, della trattazione teorica, intende indagare sull'uso attuale di tutti quei sistemi di rappresentazione che, messi di recente un po' in disparte perché considerati ormai troppo "storicizzati", sono invece alla base delle effettive capacità di conoscenza dello spazio architettonico. Questa parte, di per sè 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", il suo uso a fini applicativi, ed i diversi modi di generare ed esprimere lo spazio.

Ad esempio: elementi fondamentali per la 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 del rilievo e del 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 l'ipotesi del precedente; dal primo e dai problemi che schiude e nello stesso tempo risolve, prendono le mosse le successi-

ve fasi dell'esercitazione, che diventa così non un momento grafico fine a se stesso, ma logica traduzione in una fase chiaramente leggibile di contenuti precisi, specificati di volta in volta.

Testi consigliati

Sono utili, a scelta degli studenti, tutti i testi di Disegno per l'architettura e di Storia del disegno, Manuali per l'architettura, i testi propedeutici delle materie di progettazione del triennio.

1366
FISICA I
Docente: **Ignazio Massa** prof. ass.

Finalità del corso:

- 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 del corso:

a) *Calcolo vettoriale e Cinematica.*

Vettori liberi e applicati, loro proprietà e rappresentazioni. Operazioni con i vettori. Campi vettoriali. Gradiente. Cinematica del punto materiale. Velocità. Accelerazione. Descrizioni del moto. Studi di moti particolari. Cinematica dei sistemi rigidi. Problemi di moto relativo.

b) *Dinamica.*

Concetto di forza. Principio di inerzia e sistemi di riferimento inerziali. Il secondo principio e le sue conseguenze. Problemi di moto vincolato. Il terzo principio. Moti relativi e sistemi non inerziali. Lavoro e energia. Le interazioni "fondamentali". Relatività ristretta.

c) *Termodinamica.*

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

Testi consigliati:

P. VERONESI, E. FUSCHINI: *Fondamenti di meccanica classica* (Ed. Coop. Libraria Universitaria).
P.A. TIPLER: *Fisica*, Vol. 1 (Ed. Zanichelli).

M. ALONSO, E.J. FINN: *Elementi di Fisica per l'Università*, Vol. 1 (Ed. Masson Italia).
M.W. ZEMANSKY, M.M. ABBOTT, H.C. VAN NESS: *Fondamenti di Termodinamica per ingegneri* (Ed. Zanichelli).

Esercitazioni: costituiscono parte integrante del corso.

Esame: una prova scritta (problemi di meccanica e di termodinamica) più una prova orale (interrogazione sul programma, con possibile richiesta di facili applicazioni).

Propedeuticità consigliate: Analisi I e Geometria.

1370
FISICA II
Docente: **Antonio Bertin** prof. ord.

Finalità del corso. Fornire un quadro organico di istituzioni di elettromagnetismo e di ottica, sottolineando gli aspetti unitari delle discipline in questione, e mantenendo riferimento alle tematiche principali della fisica moderna. Assistere l'assimilazione del programma mediante la trattazione in aula di applicazioni e problemi.

Programma schematico. La legge di Coulomb e la conservazione della carica elettrica. Il campo elettrico ed il teorema di Gauss. Il potenziale elettrico e l'energia potenziale elettrica. I condensatori. I tre vettori elettrici. Corrente, densità di corrente, resistenza e resistività. La legge di Ohm. Trasformazione di energia nei circuiti elettrici. Forza elettromotrice e circuiti.

Il campo magnetico e la sua azione su un circuito percorso da corrente. Il vettore induzione magnetica, il teorema di Ampère e la legge di Biot-Savart. La legge dell'induzione di Faraday: induzione, autoinduzione, induzione mutua. Le proprietà magnetiche delle materia. Il teorema di Gauss in magnetismo. Paramagnetismo, diamagnetismo, ferromagnetismo. Circuiti LC e oscillazioni elettromagnetiche. Elementi della teoria delle correnti alternate. Le equazioni di Maxwell: campi magnetici indotti e correnti di spostamento. Le onde elettromagnetiche e la loro propagazione. Il vettore di Poynting.

Natura e propagazione della luce. Effetto Doppler. Riflessione e rifrazione su superfici piane e sferiche: il principio di Huygens e sue applicazioni. I principali strumenti ottici. Interferenza ottica e sua trattazione: l'esperimento di Young. Interferenza da lamine sottili. La diffrazione: fenditura singola, doppia fenditura, reticoli. La legge di Bragg. Polarizzazione e birifrangenza. L'effetto fotoelettrico e l'avvento della fisica dei quanti. L'effetto Compton. Cenni su onde e particelle.

Testi consigliati:

D. HALLIDAY e R. RESNICK, Fisica 2 (Ambrosiana, Milano, 1979).

PAUL A. TIPLER, Fisica 2 (Zanichelli, Bologna, 1980).
S. FOCARDI, Problemi di Fisica Generale (elettricità, magnetismo, ottica), (Ambrosiana, Milano, 1980).

Prova d'esame: L'esame comporta una prova scritta (che consiste nella soluzione di un problema del livello di quelli trattati in aula durante il corso) e di una prova orale, più specificamente volta ad accertare la preparazione sulla parte concettuale del programma.

Propedeuticità consigliate: Analisi matematica II, Fisica I.

1374
GEOMETRIA
Docente: **Loris Molinari** prof. ass.

Il corso 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.

Goemetria (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 superficie – 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:

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.

661
LITOLOGIA E GEOLOGIA
Docente: **Giulio Cesare Carloni** prof. ass.

Finalità del corso: introdurre le conoscenze necessarie delle discipline geologiche per una trattazione più generale alle applicazioni pratiche nel campo specifico dell'Ingegneria civile, per superare le principali difficoltà in cui si vengono a trovare i progettisti e gli esecutori di opere ingegneristiche e facilitare infine il più possibile la collaborazione tra geologo ed ingegnere, geotecnico e geologo, ingegnere idraulico ed idrogeologo.

Programma sintetico del corso:

Parte prima: *Litologia*

Generalità sui processi genetici delle rocce. Composizione dell'Interno terrestre con particolare riguardo alla Litosfera, Usi ed applicazioni dei materiali litoidi, Elementi di Geotecnica.

Parte seconda: *Geologia applicata*

Carte geologiche e carte tematiche, Cenni sui rilievi geologici. Generalità sulla Stratigrafia e la Tettonica. Sismologia. Dissesti idrogeologici con particolare riguardo alle frane ed ai movimenti franosi. Geomorfologia. Elementi di Idrogeologia; acque sotterranee. Difesa delle spiaggie. Geologia delle strade. delle fondazioni e delle gallerie. Territorio ed ambiente urbano-industriale. Geologia ambientale e carte geologico-tecniche.

Cicli di *esercitazioni* ed escursioni sul terreno completano il programma del corso.

Testi consigliati:

1) Dispense redatte dal Docente.
2) TREVISAN L., TONGIORGI E., *La Terra*, ed. UTET.
3) Autori vari, *Geologia tecnica*, ed. ISEDI.
4) Autori vari, *Scienze della Terra*, da "Le Scienze", ed. Mondadori.
5) PHILLIPS O.M., *La Geofisica*, ed. EST Mondadori.

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.

Indirizzo delle tesi di laurea.

Le poche tesi finora seguite hanno avuto un carattere sperimentale, mentre tutte le altre tesi di cui il titolare è stato correlatore hanno avuto carattere compilativo o di ricerca bibliografica.

1378
MECCANICA RAZIONALE
Docente. **Tommaso Antonio Ruggeri** prof. ord.

Programma

Richiami di calcolo vettoriale. Vettori, operazioni, rappr. cartesiana. Elementi di Analisi vett. e di Geom. diff. intrinseca delle curve. Vettori applicati (v.a.) e sistemi di v.a.. Teoremi d'equivalenza. Particolari sistemi di v.a.: v.a. paralleli, centro; v.a. complanari, pol. funicolare, teor. di Culmann.

Cinematica. Richiami di Cinematica del punto. Velocità, accelerazione. Moti rettilineo, circolare, elicoidale. Moti piani, coord. polari, velocità areale, teor. di Binet.
Cinematica dei sistemi rigidi. Terna solidale, angoli d'Eulero. Formole di Poisson. Campo delle velocità dei punti d'un s.r.. Moti ed atti di moto traslatorio, rotatorio. elicoidale. Teorema di Mozzi. Campo delle accelerazioni dei punti d'un s.r.
Cinematica relativa. Teor. di comp. delle velocità e delle accelerazioni. Derivati d'un vettore rispetto ad osservatori in moto relativo.
Particolari moti rigidi. Moti piani, centro istantaneo, base e rulletta, polo delle acc.ni. Moto del c.r. con un punto fisso, precessioni.

Statica. Punto materiale e sist. di punti mat.. Centro di massa. Coord. ordinarie, coord, lagrangiane. Vincoli: classificazione, proprietà. Forze, sistemi di forze. Equilibrio di forze applicate ad un punto, cond. necess. e suff. per l'equil. del punto. Equilibrio dei sistemi di forze e cond. nec. per l'equil. di un sist. mec. libero o vincolato. Cond. nec. e suff, per l'eq. d'un s. rigido libero o vincolato. Metodo delle reazioni vincolari. Vincoli con attrito.
Principio dei lavori virtuali. Spostamento virtuale e lavoro virtuale. Principio dei lavori virtuali, enunciato e verifiche. Sistemi riferiti a coord. sovrabbondanti. Sollecitazioni conservative, potenziale, Stabilità dell'equilibrio.
Continui deformabili (cenno). Equilibrio dei fili (cond. nec. e suff., problemi fondamentali). Equilibrio delle verghe e dei cont. tridim. (cenno). Equilibrio dei corpi elastici, tensore di deformazione, tensore degli sforzi, relazioni costitutive (cenno).

Dinamica. Richiami: Leggi di Newton. Impulso e quantità di moto. Forze impulsive. Momento della quantità di moto. Lavoro. Energia cinetica. Teoremi delle forze vive e dell'energia.
Dinamica del punto. Cond. iniziali. Integrali primi. Moto del grave in presenza di resistenza (viscosa). Moto del punto su traiett. prestabilita e sotto l'azione di forza posizionale (in part. elastica), di forze resistenti, di forze impresse periodiche. Oscillazioni forzate, risonanza. Pendolo semplice. Moto di un punto su superficie assegnata: pendolo sferico.
Dinamica relativa. Moto ed equilibrio relativo del punto (riferimento terrestre, forza peso, pendolo di Foucault). Problema dei due corpi.
Dinamica dei sistemi. Energ. cinetica, quantità di moto, momento della quantità di moto di un sistema meccanico. Momenti d'inerzia. Ellissoide d'inerzia. Assi e momenti princ. d'inerzia. Teor. di Huyghens. Ellisse d'inerzia. Teoremi cardinali

della Dinamica dei sistemi. Teoremi delle f. vive e dell'energia. Moto del c.r. con asse fisso; pendolo fisico. Moto del c.r. con punto fisso; equaz. d'Eulero. Moto alla Poisot. Fenomeni giroscopici, giroscopio (cenno). Moto del c.r. libero. Moto del c.r. soggetto a forze impulsive. Urto.
Principio di d'Alembert: Reazioni vincolari in regime dinamico.
Equazioni di Lagrange: deduzione (dal princ. di d'Alemb.) e discussione; applicazioni. Sollecitazioni dipendenti da potenziale ordinario e da potenziale generalizzato.
Stabilità del moto e dell'equilibrio. Stabilità alla Liapounoff, assintotica, orbitale.
Piccole oscillazioni attorno a configurazioni d'equilibrio stabile: pulsazioni fondamentali.
Parte facoltativa: Dinamica dei fili e delle membrane. Cinematica relativistica ristretta.

Opere di cons.ne: Testi didattici di Meccanica Razionale: Graffi, Pàtron; Finzi,Zanichelli; Janssens, Dunod; Goldstein, Zanichelli; Bordoni, Veschi; Grioli, Cortina; Ferrarese, Veschi; Benvenuti-Maschio, Ed. K. Cerciagnani, Zanichelli - *Esercizi di Meccanica Razionale:* Graffi, Pàtron; Finzi-Udeschini, Tamburini; Tonti, La Prora; Colombo-Grioli, Borghero; Spiegel, Schaum's Series, Mc. Gr. Hill. *Trattati*: Levi-Civita-Amaldi, Zanichelli; Appel, G. Villars; Agostinelli-Pignedoli. Zanichelli; *Scienza delle Costruzioni*: Belluzzi, III V., Zanichelli; Capurso, Pitagora. (D'ogni opera sono indicati, nell'ordine, Autore ed Editore).

1043
TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA
Docente: **Leopoldo Cini** prof. ass.

Lo scopo del corso è di fornire allo studente una conoscenza generale dei materiali utilizzati nell'edilizia.

Programma

a) Materiali metallici (Acciai semplici e legati. Trattamenti termici) b) Materiali inorganici non metallici (m. ceramici, cementi, conglomerati cementizi), c) Materiali plastici, d) Corrosione, acque ed atmosfere inquinanti ed aggressive.

Testi consigliati

Dispense, Ed. Coop. Universitaria - Bologna.
TAVASCI, *Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata*, Ed. Tamburini, Milano.
COLLEPARDI, *Scienza e Tecnologia del calcestruzzo*, Ed. Hoepli, Milano.

L'ora settimanale di esercitazioni è utilizzata come ora supplementare di lezione.

Esame orale

Tesi di laurea:

Sperimentali e compilative - Oggetto: proprietà e degradabilità dei materiali; processi tecnologici inerenti la produzione di materiali edili e di manufatti prefabbricati. In collaborazione con Docenti interessati agli argomenti predetti.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE

Programmi delle materie di insegnamento del **triennio di applicazione** comuni a tutte le sezioni.

51

ARCHITETTURA TECNICA (Edili, ind.: Architettura A, B, C; Costruzioni, Impianti)
Docente: **Ivo Tagliaventi** prof. ord.

Finalità del corso

1. Mira a fornire agli allievi ingegneri civili i mezzi culturali d'indirizzo critico-analitico nel settore delle tecnologie architettoniche, esaminando particolarmente i rapporti fra i materiali, le tecniche, le forme e le funzioni;
2. sollecita gli allievi all'acquisizione di una metodologia progettuale;
3. Si svolge per mezzo di lezioni, esercitazioni, seminari, conferenze e visite di studio.

Programma

Le lezioni vertono su i procedimenti costruttivi, gli "elementi di fabbrica" e i dettagli costruttivi, dei quali mette in risalto le tipologie, i caratteri statici, le regole sistemiche di aggregazione, i problemi economici, il comportamento nel tempo. Esse sono integrate con interventi di esperti esterni e con visite a cantieri di costruzioni e stabilimenti di produzione per l'edilizia.

Le *esercitazioni* consistono in:

a. coerentemente coll'esame dei suddetti rapporti, lettura di un organismo architettonico esistente;
b. ai fini dell'acquisizione di un metodo, progettazione globale di un edificio non complesso;
c. come verifica dell'esperienza a mano a mano maturata, un certo numero di prove "estemporanee" nell'aula di disegno.

Al termine del corso si svolge la discussione seminariale sui progetti elaborati.

L'*esame* di profitto consiste in una prova scritta e in una prova orale.

Agli studenti vengono fornite indicazioni bibliografiche di base nonché dispense redatte dal docente.

Gli studenti iscritti al corso sono obbligati alla regolare frequenza sia delle lezioni sia delle esercitazioni.

51

ARCHITETTURA TECNICA (Edili, ind.: Architettura D, Territorio; Idraulici; Trasporti)

Docente: **Adolfo Cesare Dell'Acqua** prof. ord.

Finalità del corso

Il corso si propone di fornire le informazioni e gli strumenti operativi per lo studio dei rapporti tra le diverse dimensioni dell'organismo architettonico e la componente tecnica, e per l'integrazione della metodologia progettuale nelle fasi del processo edilizio.

L'indirizzo del corso è orientato ad approfondire i legami della tipologia e della tecnologia edilizia con le diverse componenti dell'ambiente e del contesto urbano e territoriale.

Programma del corso

- Correlazione e sintesi delle componenti ambientali e tecnologiche nella progettazione e nella realizzazione dell'organismo architettonico; continuità delle
- fasi progettuali e operative alle diverse scale: edilizia, urbana, territoriale. Organizzazione dell'attività edilizia. Fasi sistematiche del processo edilizio:
- programmazione, progettazione, attuazione, gestione. Operatori del processo edilizio. Modelli organizzativi di correlazione tra le fasi e gli operatori del processo.
- Metodi e fasi sistematiche della progettazione ambientale e tecnologica. Rapporti tra metodi di progettazione e industrializzazione dei componenti edilizi.
- Studio degli "intorni" ambientali: requisiti fisico-ambientali degli ambiti spaziali e prestazioni degli elementi di involucro.
- Aspetti di componibilità geometrico-dimensionale e applicazione del coordinamento modulare nella progettazione. Normativa tecnica, dimensionale e qualitativa.
- Criteri di classificazione e di ordinamento tipologico nello studio dei materiali, degli elementi e dei sistemi costruttivi. Tipologia dei sistemi e dei procedimenti costruttivi; tipologia degli elementi costruttivi e dei giunti; applicazioni progettuali in relazione ai sistemi analizzati.
- Rapporti tra tipologia e tecnologia edilizia. Aspetti della qualità edilizia a livello ambientale e tecnologico. Organismi edilizi e sistemi costruttivi in rapporto alle diverse componenti dell'ambiente e del contesto urbano e territoriale.

(Per la bibliografia consigliata v. le indicazioni allegate al programma disponibile presso l'Istituto di Architettura e Urbanistica).

2010

COMPLEMENTI DI TECNICA DELLE COSTRUZIONI

Docente: **Claudio Ceccoli** prof. ord.

Programma

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. *Le lastre curve di rivoluzione*. Definizioni e relazioni di carattere geometrico. Le azioni interne. Il regime di membrana con carichi aventi simmetria radiale. Il regime di lastra: la lastra cilindrica, la lastra sferica, la soluzione semplificata di Geckeler. Sistemi di lastre curve di rivoluzione. Notizie pratiche ed esempi costruttivi. *Le lastre curve di forma qualsiasi*. Definizioni e relazioni di carattere geometrico. Il regime di membrana. Le membrane cilindriche a direttrice poligonale. Le volte scatolari precompresse. Soluzione trigonometrica delle volte scatolari. Le membrane cilindriche a direttrice qualsiasi. Le lastre di traslazione snelle. Il calcolo delle volte come travi. La lastra cilindrica snella con i bordi rettilinei impediti di ruotare e di spostarsi orizzontalmente. Lastre di traslazione snelle aventi generatrice curva. Il metodo di Pucher, calcolo della membrana effettuato considerando la funzione degli sforzi. La soluzione alle differenze finite. Notizie pratiche ed esempi costruttivi. *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. *Dinamica delle strutture*. Vibrazioni naturali. Il metodo energetico. Il metodo di Rayleigh, l'influenza della massa del vincolo. Vibrazioni forzate. Caso generale di una forza variabile non periodica. Studio delle vibrazioni naturali.

198
COSTRUZIONE DI PONTI
Docente: **Maurizio Merli** prof. ass.

Programma

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 ortotrope. Reticoli di travi (ripartizione trasversale dei carichi: trasversi indeformabili; trasversi deformabili e soluzione secondo Guyon-Massonnet). Travi composte (acciaio e calcestruzzo). Impalcati a cassone. Richiami su travi precompresse. Travi reticolari.

Parte terza: le strutture di appoggio — Pile (pile di limitata altezza; pile snelle; siste-

mi costruttivi; verifiche per carichi di esercizio; verifiche per effetto di un sisma). Fondazioni (premessa; fondazioni dirette; su pali; con tiranti; fondazioni speciali). Spalle.

Parte quarta: gli archi — Premessa. Arco a tre cerniere. Arco a due cerniere e "a spinta eliminata". Arco incastrato ("centro elastico"; la scelta della struttura principale utilizzando le proprietà del centro elastico; linee di influenza; questioni relative ai vincoli). Cenno all'instabilità degli archi.

Parte quinta: i ponti strallati — Premessa (soluzioni in acciaio e in c.a.p.). I cavi di sospensione. Stato di sollecitazione e di deformazione (teoria lineare; cenno alla teoria non lineare).

Esercitazioni: Progetto di un ponte. Questioni pratiche. Argomenti integrativi delle lezioni (in particolare: normativa, vincoli e collaudo).

Testi consigliati

O. BELLUZZI, *Scienza delle costruzioni*, vol. II, E. Zanichelli.
B. BOTTAU, *Costruzione di ponti*, Appunti tratti dalle lezioni, Pitagora, Bologna.
NORME, D.M. 16/6/76 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in C.A.normale e precompresso per le strutture metalliche, Ministero LL.PP. Circolare 384 del 14/2/1962.

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.

204
COSTRUZIONE DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI
Docente: **Pier Vincenzo Righi** prof. ord.

Programma

Parte I - Studio dei tracciati. Problema generale. Traffico, motori, veicoli. Trazione. Bilancio di esercizio. Elementi del tracciato nei riguardi tecnici ed economici. Confronto fra i tracciati. Studio e redazione dei progetti. Strade ordinarie, ferrovie, strade e ferrovie speciali, aeroporti.

Parte II - Il terreno. Natura e giacitura delle rocce. Le terre. Caratteristiche dei terreni nei riguardi della capacità portante, della spinta, e del comportamento in presenza di acqua. La granulometria, i limiti di Atterberg, attrito interno e coesione. Classificazione dei terreni. Prove sperimentali edometriche, C.B.R., e mediante l'apparecchio triassiale. Gli indici di gruppo. Prove penetrometriche.

Parte III - Il corpo stradale. Forma, rappresentazione e misura del corpo stradale. Scavo delle terre ed abbattimento delle rocce con mezzi ordinari, meccanici e con esplosivi. Trasporti e loro costo. Scelta dei mezzi di trasporto ed organizzazione dei cantieri. Distribuzione delle terre. Scavo delle trincee e costruzione dei rilevati. Consolidamento e compattazione dei terreni. Stabilità delle scarpate. Preparazione del piano di posa. Spinta delle terre. Muri di sostegno di vario tipo. Opere di protezione e continuità del corpo stradale. Opere aeree di continuità: ponti, ponticelli, ecc. Ubicazioni, luci, tipo dei ponti; disposizioni di imbocco e di accompagno.

Parte IV - Gallerie: previsioni geologiche; provvedimenti richiesti dalla temperatura della roccia, dalle sorgenti d'acqua, dalle emanazioni gassose. Azioni contro le armature ed i rivestimenti. Tracciamento. Vari metodi di esecuzione in rapporto con la natura ed il comportamento della roccia. Armature, rivestimenti, accessori. Condutture, mine, trasporti, ventilazione. Organizzazione dei cantieri. Attacchi da pozzi e finestre. Gallerie suburbane e subacquee. Ferrovie metropolitane. Raddoppio delle gallerie. Riparazioni. Costo.

Parte V - Soprastrutture. Materiali, loro qualità; prove di laboratorio e su strada. Vari tipi di soprastrutture delle strade ordinarie. Soprastruttura ferroviaria. Piste per aeroporti. Organizzazione dei cantieri e della manutenzione.

Parte VI - Amministrazione: metodi di assegnazione dei lavori. Vari tipi di gare di appalto. Cenno sulle norme legislative e regolamentari. Contabilità, direzione, liquidazione, collaudo. Espropriazioni. Piani parcellari. Volture. Finanziamento dei lavori. Concessioni.

Testi consigliati:

G. TESORIERE, *Costruzioni 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 — Indirizzo pratico — applicativo nella progettazione esecutiva di un tronco stradale e nella valutazione del suo costo.

275
ELETTROTECNICA (Civili)
Docenti: **Carla Tassoni** prof. ass. (Civili A-K)
Riccardo Miglio prof. ass. (Civili L-Z)

Programma

Circuiti elettrici a parametri concentrati in regime stazionario e quasi stazio-

nario. Circuiti magnetici. Correnti in regime sinusoidale monofase e trifase.

Macchine elettriche: principi di funzionamento, perdite, riscaldamento, grandezze nominali.

Trasformatori: principio di funzionamento, equazioni, circuito equivalente, prove a vuoto e in corto circuito, rendimento, cadute di tensione. Trasformatori trifasi. Autotrasformatori.

Macchine asincrone: teoria del campo rotante, funzionamento, equazioni, circuito equivalente, coppia, avviamento, rendimento. Motori a gabbia. Regolazione della velocità.

Macchine sincrone: funzionamento, equazioni.

Macchine a corrente continua: funzionamento, equazioni, caratteristiche elettromeccaniche, regolazione della velocità.

Convertitori statici: circuiti raddrizzatori, invertitori.

Generalità sugli impianti elettrici: costituzione degli impianti, sistemi di distribuzione, linee corte, rifasamento.

Apparecchiature degli impianti: di comando, di manovra, di protezione, di misura.

Reti di distribuzione a M.T. e B.T.: cabine di distribuzione, configurazione delle reti, calcolo delle reti di distribuzione.

Terre: criteri di scelta per la messa a terra del neutro, modalità di messa a terra, impianti di terra.

Protezione contro gli infortuni: effetti fisiologici della corrente, tensione di sicurezza, norme CEI sulle modalità di protezione.

Testi consigliati

Appunti informali dei docenti.

R. MIGLIO, C. TASSONI, *Circuiti elettrici in corrente continua,* Ed. Pàtron, Bologna.

R. MIGLIO, C. TASSONI, *Trasformatori monofasi, trifasi e speciali,* Ed. Pàtron, Bologna.

R. MIGLIO, C. TASSONI, *Circuiti magnetici in corrente continua e in corrente alternata,* Cooperativa Libraria Universitaria, Bologna.

R. MIGLIO, *Appunti di Elettrotecnica,* Parte I e Parte II, Cooperativa Libraria Universitaria, Bologna.

F. ILICETO, *Lezioni di Elettrotecnica,* Ed. La Goliardica, Roma.

430

FISICA TECNICA (per Civili e Minerari)

Docenti: **Alessandro Cocchi** prof. ord. (Civili A-K e Minerari)
Giorgio Raffellini proff. ass. (Civili L-Z)

Il corso vuole fornire le conoscenze propedeutiche necessarie alle successive applicazioni della termodinamica, della fluidodinamica, dello scambio termico.

Programma

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*, voll. 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.
AUTORI DIVERSI, *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 fondamentalmente 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, Composizione architettonica e Impianti tecnici civili.

447
FONDAMENTI DI ECONOMIA ED ESTIMO
Docente: **Francesco Spina**, prof. ass. (inc.)

Programma

1) *Principi di Economia generale.*

a) *Nozioni di Microeconomia*

L'uomo consumatore. L'uomo produttore. L'uomo prestatore dei mezzi di produzione. L'uomo imprenditore.

b) *Nozioni di Macroeconomia e di Politica economica*

Il regime fiscale, la moneta, le banche, il commercio internazionale. Reddito e contabilità nazionale. Sviluppo economico e programmazione. Le borse valori e la borsa merci.

2) *Nozioni generali di Matematica finanziaria.*

3) *Estimo generale*

Momenti della valutazione. Casistica estimativa. Le fasi di elaborazione della stima. La classificazione dei dati elementari. La stima dei dati ipotetici. La scelta dell'aspetto economico. I procedimenti di stima. Il giudizio di stima. I rapporti fra i valori economici e la loro surrogabilità. La stima per capitalizzazione.

4) *Estimo Catastale*

Generalità - *Nuovo catasto terreni*: operazioni fondamentali della formazione e della conservazione. Operazioni di misura. *Nuovo catasto edilizio urbano*: operazioni fondamentali della formazione e della conservazione.

5) *Elementi di estimo urbano*

Stime del valore di mercato dei fabbricati urbani. Le stime delle aree fabbricabili.

Le stime dei diritti reali e le valutazioni cauzionali.

Il costo di produzione dell'attività edilizia.

Applicazione del valore complementare, del valore di trasformazione e del valore di surrogazione nell'estimo urbano. Estimo condominiale.

Stime per espropriazione di pubblica utilità.

La consulenza tecnica nella procedura civile.

La legge 27.7.1978 n. 392 sulla disciplina delle locazioni degli immobili urbani. Equo canone.

Testi consigliati

1) ENZO DI COCCO, *Elementi di Economia Generale*, Vol. 1°, Edagricole 1973.
2) Dispense del docente.
3) IGINO MICHIELI, *Estimo*, 3° edizione Edagricole 1980.
4) CARLO FORTE, BALDO DE' ROSSI, *Principi di Economia ed Estimo*, edizione Etos Libri 1979.
5) PIERO CARRER, *Un piano di trasformazione immobiliare*, edizione Patron 1982.

L'*esame* è costituito da una prova orale che normalmente si articola in 5 domande ciascuna afferente i 5 dissimili argomenti di cui il Corso si compone.

Tesi di laurea — Le tesi sono a carattere sperimentale con riferimento a casi pratici, prevalentemente, afferenti l'ingegneria civile edile, sviluppati a livello tecnico-economico-estimativo.

2007
GEOTECNICA (semestrale) (per Civili e Minerari)
Docente: **Pier Vincenzo Righi** prof. ord. (inc.)

Finalità del corso: Fornire agli allievi le principali nozioni relative alle caratteristiche di comportamento fisico-meccanico dei terreni e la conoscenza delle prove sperimentali per la loro determinazione. Tali nozioni sono fondamentali per la scelta ed il dimensionamento delle fondazioni delle costruzioni civili.

Programma

1) Introduzione e premesse generali - Vari tipi di suolo e loro caratteristiche fondamentali - Proprietà delle particelle fini.

2) Caratteristiche fisiche delle terre e loro determinazione sperimentale - Umidità - Densità - Peso specifico reale - Porosità e indice dei vuoti - granulometria - limiti di Atterberg - permeabilità. 3) Caratteristiche meccaniche delle terre e loro 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 - Superficie di carico a 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.

Testi consigliati:

P. COLOMBO, *Elementi di Geotecnica.*
C. CESTELLI GUIDI, *Geotecnica e tecnica delle fondazioni.*
TERZAGHI-PECK, *Geotecnica.*

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.

490
IDRAULICA (per Civili e Minerari)
Docenti: **Gian Luigi Bragadin** prof. ord. (Civili A-K e Minerari)
Antonello Rubatta prof. ord. (Civili L-Z)

Programma

Unità di misura, omogeneità, teorema π - Schemi di materiale "continuo" - Equazioni di continuità.

Idrostatica: misure di pressione nei liquidi, azione dei liquidi sopra superficie in quiete, corpi galleggianti.

Equazione di Eulero, teorema di Bernoulli, teorema della quantità di moto. Azione dei liquidi in moto sopra superficie solide - Foronomia - Perdite di carico effettivo nelle condotte per brusche variazioni di sezione. Trasformazioni di energia nei corsi a pelo libero; correnti lente e veloci, risalto idraulico, dissipazioni per brusche variazioni di sezione - Luci a stramazzo e stramazzi laterali.

Equazioni di Navier - Esperienza di Reynolds: moto laminare e moto turbolento - Moto uniforme nelle condotte - Moto permanente, sifoni - Reti di condotte - Moti di filtrazione. Moto uniforme e moto permanente nei corsi a pelo libero.

Moto vario nelle condotte in pressione - Propagazioni ondose nei canali - Onde di mare.

Modelli idraulici e modelli analogici - Cenni di Idraulica fluviale.

Misure di portata, velocità, altezze d'acqua.

688
MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE E MACCHINE
Docente: **Giorgio Negri di Montenegro** prof. ord. (inc.)

Finalità del corso: il corso intende fornire all'allievo ingegnere civile i principi di base dei gruppi di conversione dell'energia diretti ed inversi e delle macchine ad essi relativi. Esamina le prestazioni delle macchine medesime, con particolare riguardo ai fenomeni dissipativi che in essi si verificano e studia la loro interconnessione con i gruppi cui sono destinate con particolare riferimento alle utilizzazioni di maggiore interesse per il settore dell'ingegneria civile.

Programma

1) Gruppi di conversione dell'energia da termica a meccanica (a vapore, a gas, a cicli binari). Gruppi di cogenerazione. Gruppi frigoriferi.

2) Caldaie per riscaldamento e per vapore.

3) Componenti delle macchine e fenomeni dissipativi (attrito), Rendimento meccanico.

4) Sistemi articolati (quadrilateri, manovellismo di spinta).

5) Macchine volumetriche: compressori di gas, motori a carburazione ed a iniezione (diesel).

6) Turbomacchine a vapore ed a gas (turbine ad azione, a reazione, miste, a doppio flusso).

7) Velocità critiche degli alberi.

8) Turbomacchine idrauliche: turbine ad azione e reazione e pompe centrifughe.

9) Trasmissioni ad organi flessibili e apparecchi di sollevamento.

Propedeuticità: Meccanica razionale, Fisica Tecnica, Scienza delle Costruzioni.

L'esame è costituito da una prova orale.
Indirizzo delle *tesi di laurea*: applicativo progettistico.

890
SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (per Civili e Minerarî)
Docenti: **Michele Capurso** prof. ord. (Civili A-K e Minerarî)
Agostino Cannarozzi prof. ord. (Civili L-Z)

Il corso si propone di fornire gli elementi fondamentali del calcolo strutturale con particolare riferimento alle ipotesi, ai principii ed alle limitazioni della metodologia di calcolo delle strutture nel campo elastico lineare. A corso 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 i corsi successivi del settore strutturale.

Programma

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.
V. FRANCIOSI, *Scienza delle Costruzioni*, Vol. I, Liguori, Napoli.
O. BELLUZZI, *Scienza delle Costruzioni*, Vol. I, Zanichelli, Bologna.

Gli esami vertono in una prova scritta nella quale vengono svolti tre esercizi, di norma consistenti in:
a) determinazione delle azioni interne in una struttura isostatica,
b) verifica di resistenza di una sezione in cui sono assegnate le azioni interne (ovvero, in alternativa, valutazione del carico critico di una struttura semplice),
c) risoluzione e calcolo delle azioni interne in una struttura iperstatica,
ed in una prova orale integrativa a chiarimento della scritta e comprendente una domanda relativa alla teoria.

Per la prova scritta sono previste di norma 4 ore.

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.

1026

TECNICA DELLE COSTRUZIONI

Docenti: **Piero Pozzati** prof. ord. (Civili A-K)
Roberto Alessi prof. ord. (Civili L-Z)

Finalità del corso: Mettere gli allievi in grado di redigere il progetto delle più ricorrenti strutture.

Programma

Il corso, 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 precompresse. Gli studenti vengono assistiti per lo sviluppo di tre progetti riguardanti: una struttura metallica di un edificio industriale; un telaio multipiano di calcestruzzo armato con relativa fondazione; una trave precompressa.

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); 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 1ª (Sistemi di travi: l'interpretazione elastica, febbraio 1977); vol. II parte 2ª, 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.

2008

TECNICA DELLE FONDAZIONI (semestrale) (Civili e Minerari)

Docente: **Maurizio Merli** prof. ass. (inc.)

Programma

Generalità sullo studio delle fondazioni

— Struttura in elevazione, fondazione, terreno

- Progetto di una fondazione: finalità

Il terreno e la valutazione dei cedimenti
- La schematizzazione secondo il modello di Boussinesq
- Le superfici caricate di geometria elementare
- Pressioni di contatto e cedimenti per piastre indeformabili
- Osservazioni in merito al modello di Boussinesq e cenni a questioni pratiche
- La schematizzazione secondo il modello di Winkler
- Risultati di esperienze e confronto con le ipotesi di calcolo
- La trave di momento d'inerzia costante su suolo elastico alla Winkler
- Confronti fra il modello di terreno alla Boussinesq e alla Winkler

Pali di fondazione
- Tipologia dei pali e campo di applicazione
- Portanza limite del palo isolato: formule statiche
- Portanza limite del palo isolato: formule dinamiche
- Raffronto tra i risultati teorici e le indicazioni di carattere sperimentale
- La valutazione della portanza mediante i risultati di una indagine penetrometrica
- La prova di carico di un palo
- Portanza limite dei gruppi di pali
- Calcolo dei cedimenti per il palo singolo
- Calcolo dei cedimenti delle palificate
- Cenno alla distribuzione dei carichi fra gli elementi di una palificata
- Criteri di calcolo dei pali isolati soggetti ad azioni orizzontali
- Gruppi di pali verticali soggetti ad azioni orizzontali

Fondazioni superficiali e profonde: criteri di calcolo degli elementi strutturali
- Criteri generali di scelta del tipo di fondazione
- Fondazioni isolate: plinti
- Fondazioni continue: travi rovesce
- Fondazioni continue: reticoli di travi rovesce e platee
- Criteri di calcolo delle fondazioni superficiali sostenute da pali
- Le fondazioni in falda

Interazione tra struttura in elevazione, fondazione e terreno
- Metodi di progetto: le situazioni limite
- Metodi di verifica: il metodo delle deformazioni impresse

Criteri di calcolo delle paratie e diaframmi continui
- Tipologia degli elementi di contenimento
- Determinazione del diagramma del carico
- Profondità minima di infissione
- Verifica dello stato di sollecitazione
- Verifica della stabilità globale

Durante il Corso vengono illustrati progetti di fondazioni realizzate e svolti esercizi, corredati di sviluppi numerici, sui principali temi trattati.

1034
TECNICA URBANISTICA

Docenti: **Carlo Monti** prof. straord. (Edili, ind.: Architettura A, B, C; Costruzioni, Impianti)
Giovanni Crocioni prof. ass. (Edili, ind.: Architettura D, Territorio; Trasporti)

I corsi affrontano la pianificazione territoriale come insieme di metodi di programmazione, progettazione, gestione del territorio, finalizzati ad un pieno ed equilibrato uso delle risorse.

Le lezioni e le esercitazioni pratiche si propongono quindi di fornire una consapevolezza critica generale dei problemi, e di assicurare il controllo dei criteri e degli essenziali strumenti di lavoro necessari per l'organizzazione del territorio alle diverse scale (regionale, subregionale, urbana).

Programma

Una prima parte del programma è dedicata ad un'informazione sui problemi attuali della città e del territorio.

In particolare viene seguito il processo di trasformazione storica della città, il mutare del rapporto città-campagna, i massicci fenomeni migratori sul territorio nazionale e regionale, la crescita incontrollata delle grandi agglomerazioni urbane e produttive, per giungere a definire i fini che oggi si può porre la pianificazione territoriale, in stretta connessione con la programmazione economica, per un pieno utilizzo delle risorse e per uno sviluppo equilibrato, attraverso una politica di soddisfacimento del fabbisogno abitativo che ponga in primo piano il recupero del patrimonio esistente (di abitazioni, servizi, strutture produttive agricole e industriali).

Posti i fini della pianificazione territoriale ai diversi livelli (regionale, subregionale, urbano), viene operato un confronto con le teorie urbanistiche, con gli studi e le esperienze condotti in Italia ed in altri paesi e con gli strumenti che la legislazione urbanistica ha offerto ed offre attualmente al pianificatore.

Ci si propone in tal modo di definire per ogni livello di piano i fini, i contenuti, i metodi operativi.

Infine vengono analizzati sistematicamente gli strumenti e le tecniche della pianificazione territoriale, con particolare riguardo al Piano Comprensoriale, al Piano Regolatore Generale, agli strumenti di attuazione (Piani Particolareggiati, Piani P.E.E.P., Piani per gli Insediamenti Produttivi).

I programmi delle lezioni dei due corsi sono sistematicamente arricchiti da comunicazioni esterne, riferite particolarmente ad esperienze significative in corso nella regione emiliana, in modo da fornire un'approfondita conoscenza di problemi operativi. Anche le attività di esercitazioni sono condotte su temi concreti e su ambiti territoriali definiti e, ove possibile, con rapporti diretti con le comunità locali e gli organi preposti alla pianificazione del territorio.

Esami ed esercitazioni

I corsi dispongono di un fascicolo di dispense che rappresentano il riferimento dell'intero programma di lezioni.

BIBLIOTECA CENTRALE

Le attività di esercitazione sono obbligatorie: l'esame si svolge sul tema sviluppato e comporta anche la conoscenza dei contenuti delle dispense.

Le esercitazioni si svolgono per gruppi di ricerca; l'attività si sviluppa fino alla elaborazione di un tema personale per ogni studente.

Propedeuticità consigliate:

Per affrontare utilmente il corso di Tecnica Urbanistica è opportuno che lo studente abbia già seguito i precedenti corsi di Disegno, Architettura Tecnica e Principi di Diritto.

Tesi di Laurea:

Le tesi di laurea affrontano problemi emergenti delle realtà territoriali, e di frequente, delle aree di provenienza degli studenti laureandi.

Un tema ricorrente riguarda le analisi e le ricerche per l'elaborazione del Piano Comprensoriale, ed è già stato condotto per numerose aree emiliane, toscane, dell'Umbria, del Veneto, della Calabria. Per le medesime aree geografiche sono state anche elaborate tesi più specifiche, aventi come oggetto l'elaborazione di Piani Regolatori Generali o di piani di settore, per i centri storici, per le aree a parco, per i servizi.

Sono stati affrontati anche temi di ricerca, sui problemi dell'università a scala regionale e locale, sulla residenza universitaria, sul decentramento amministrativo, sulle teorie urbanistiche, sul decentramento industriale, sul rapporto fra agricoltura e industria, sul fabbisogno abitativo e sul problema della casa. Per questi, e per altri temi di ricerca, gli elaborati di tesi sono pervenuti alla definizione dei criteri qualitativi e quantitativi necessari per procedere all'intervento progettuale sul territorio oggetto di analisi.

Il coordinamento con altri corsi, in sede di tesi di laurea, avviene principalmente con i corsi del V anno del medesimo istituto (Architettura e Composizione Architettonica, Caratteri distributivi e soprattutto, per evidenti motivi, Complementi di Tecnica Urbanistica). Sono state svolte tesi coordinate (formalmente o informalmente) anche con altri corsi della facoltà (di Trasporti, di Idraulica, il corso di Litologia e Geologia, quello di Economia ed Estimo etc.) e con corsi esterni, ed Enti e ricercatori dell'area emiliana.

(per maggiori dettagli e la bibliografia consigliata, v. l'opuscolo "Programmi di insegnamento" dell'Istituto di Architettura e Urbanistica).

5692

TEORIA DEI SISTEMI E DEL CONTROLLO

Docente: **Gloria Capitani Catelli,** prof. inc. stab.

Finalità del corso. Il corso si propone innanzitutto di presentare le metodologie di applicazione di alcune nozioni fondamentali delle discipline matematiche classiche e non, dei problemi di definizione e di calibrazione di un modello matematico da associare ad un sistema reale; l'obiettivo principale è di mettere in

evidenza, attraverso esempi ed applicazioni, la base teorica comune a tecniche usate in settori applicativi diversi.

Inoltre viene illustrato l'impiego di modelli matematici in problemi di previsione e di controllo, tenendo presente anche gli aspetti computazionali che si presentano quando la struttura matematica viene elaborata con l'aiuto di un calcolatore elettronico.

Programma

— Classificazione dei modelli matematici e loro caratteristiche generali: modelli statici, dinamici, lineari, non lineari, continui discreti, deterministici, stocastici.
— Cenni di statistica: dati grezzi, serie, distribuzioni di frequenza, istogrammi; alcuni parametri fondamentali: la media, la mediana, la moda, lo scarto quadratico medio; stima corretta e stima efficiente dei parametri.
— Calibrazione di modelli: regressione lineare, regressione multipla, il metodo dei minimi quadrati, calibrazione di modelli gravitazionali.
— Analisi di serie temporali: movimenti caratteristici delle serie temporali, medie mobili, stima dei trend, stima delle variazioni stagionali, indici stagionali, destagionalizzazione dei dati, stima delle variazioni cicliche, stima delle variazione irregolari o casuali.
— Uso dei modelli matematici: cenni alla simulazione con uso del calcolatore dei modelli previsionali; il problema delcontrollo di un sistema, controllo in catena aperta, controllo in catena chiusa o retroazione.
— Programmazione (tecniche matematiche di ricerca di soluzioni ottime per problemi di gestione e di controllo): programmazione lineare, analisi costi-benefici; alcuni metodi numerici per semplici problemi di programmazione; ottimizzazione combinatoria, i grafi (nel senso di Koenig), cammini minimi su grafi e reticoli, assegnamento ottimo di risorse, clusso massimo in reti di trasporto, tecniche reticolari di programmazione e di controllo, PERT e CPM.

1061
TOPOGRAFIA

Docenti: **Giorgio Folloni** prof. ord. (Edili, ind.: Territorio; Idraulica, Trasporti)
Marco Unguendoli prof. straord. (Edili, ind.: Architettura, Costruzioni, Impianti) (A-K)
Alberto Gubellini prof. ass. (Edili, ind.: Architettura, Costruzioni, Impianti) (L-Z)

Programma

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 - Determi-

nazione 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.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE (SEZ. EDILE) 2008

Programmi delle materie di insegnamento.

2006
ACQUEDOTTI E FOGNATURE (semestrale)
Docente: **Pietro Guerrini** prof. ord. (inc.)

Programma

Acquedotti: Quantità e qualità dell'acqua per uso potabile. Fonti di approvvigionamento: opere di presa, sollevamento, e manufatti necessari. Potabilizzazione: filtrazione, trattamenti chimici, sterilizzazione. Opere di adduzione: condotte, giunti e criteri di posa; manufatti tipo ed apparecchiature. Serbatoi: di compenso, di carico, di riserva; loro ubicazione e apparecchiature idrauliche. Rete distributrice cittadina.

Fognature: Tipi di fognatura, sistemi di canalizzazione e criteri costruttivi di posa. Elaborazione delle piogge e calcolo delle portate nera e bianca. Manufatti tipo. Depurazione delle acque di fogna: naturale e artificiale; principio dei fanghi attivati. Impianti sanitari, scarichi delle acque usate nei singoli edifici, fosse biologiche. Norme e documenti per la realizzazione di un progetto, direzione dei lavori e collaudo.

5564
ACUSTICA APPLICATA ED ILLUMINOTECNICA
Docente: **Roberto Pompoli**, prof. ass.

Il Corso affronta le problematiche poste dalla realizzazione delle grandi opere edili destinate soprattutto a servizi sociali (teatri, sale per conferenze, scuole, campi sportivi, aeroporti etc.) in cui notevole rilievo presentano sia le caratteristiche acustiche sia le tecniche di corretta illuminazione degli spazi. Tali problematiche, unitamente a una informazione di base dei principi fisici e psicofisici da cui dipendono, devono essere presenti in ogni fase della progettazione architettonica e strutturale di qualsiasi realizzazione edile.

Programma

a) ACUSTICA APPLICATA – *Acustica fisica*. Caratteristiche fondamentali del fenomeno sonoro; studio della vibrazione elementare; densità ed intensità di ener-

gia sonora; propagazione del suono in un mezzo omogeneo ed isotropo; onde piane, sferiche, stazionarie. *Acustica psicofisica.* Classificazione e valutazione fisica delle perturbazioni sonore; proprietà particolari della sensazione uditiva; curve isofoniche e curve pesanti A, B, C, D, E. *Acustica architettonica.* Impostazione, limiti e difficoltà del problema acustico degli ambienti chiusi propagazione dell'energia sonora in mezzi non omogenei; coefficiente di assorbimento apparente; il fenomeno delle riflessioni multiple in un ambiente chiuso; ipotesi sulla quale è fondata la relazione di Sabine; densità sonora di regime; correzione acustica degli ambienti chiusi; teoria dell'acustica geometrica; esempi di progettazione di grandi complessi sociali: teatri, cinematrografi, sale di riunione, scuole ed industrie in genere. *Il controllo della rumorosità.* La legge di massa; isolamento dai rumori aerei provenienti dai locali adiacenti; isolamento dai rumori aerei prodotti nel locale stesso; isolamento dai rumori impattivi; il rumore negli impianti tecnici; controllo della rumorosità nell'ambiente di lavoro. *Vibrazioni meccaniche.* Fisica elementare delle vibrazioni; valutazione fisica delle vibrazioni; risonanza del sistema; controllo delle vibrazioni; effetti delle vibrazioni sull'uomo e sulle costruzioni. *Tecniche di misura.* Generalità; livello sonoro e di vibrazione; frequenza e sensazione; tempo di riverberazione e coefficiente di assorbimento; isolamento acustico, potenza emessa da una sorgente sonora.

b) ILLUMINOTECNICA – *Fotometria.* Caratteristiche fondamentali del fenomeno luminoso; grandezze e unità fotometriche; principali leggi della fotometria. *Il fenomeno della visione.* Considerazioni generali sul problema visivo; l'occhio umano e le sue prestazioni visive; la qualità dell'illuminazione e la sua influenza sulla buona visione; abbagliamento e comfort visivo. *Sorgenti luminose.* Caratteristiche fondamentali delle sorgenti luminose; rendimento di una sorgente luminosa; lampade ad incandescenza, a scarica nei gas, e fluorescenti. *Apparecchi illuminanti.* Solido fotometrico e sua rappresentazione; riflettori e proiettori; rendimento degli apparecchi illuminanti; apparecchi illuminanti per interni e per esterni. Il colore ed il diagramma tricrometrico. *Illuminazione naturale ed artificiale degli interni.* Impostazione del problema e criteri di progetto; l'illuminazione dei locali industriali, commerciali, di abitazione; l'illuminazione degli uffici e delle scuole; l'illuminazione negli ospedali; l'illuminazione di impianti sportivi; relativi impianti di illuminazione.
Illuminazione esterna. Impostazione del problema e criteri di progetto; illuminazione stradale; illuminazione di impianti sportivi, di monumenti e facciate di edifici; relativi impianti di illuminazione. *Tecniche di misura.* Metodi e misure fotometriche; misura del flusso luminoso; misura dell'illuminazione; fotometri; luxometri; misuratori di luminanza.

Testi consigliati

A. GIULIANINI, A. COCCHI, *Elementi di Acustica tecnica,* Petroni, Bologna.
L. BERANEK, *Noise and Vibration Control,* McGraw-Hill, New York.
G. PAROLINI, M. PARIBENI, *Tecnica dell'illuminazione,* UTET, Torino.

Esami orali.

Le *Tesi di laurea* potranno sviluppare indagini teorico-sperimentali nel campo dell'Acustica e dell'Illuminotecnica nell'edilizia e nel campo del controllo del rumore negli ambienti industriali.

5565

ANALISI STRUTTURALE CON L'ELABORATORE ELETTRONICO

Docente: **Antonio Tralli** prof. ass.

Il corso intende illustrare le basi del calcolo automatico delle strutture e fornire agli studenti metodi operativi per l'analisi delle tipologie strutturali più frequenti.

Programma

Principi variazionali per solidi elastico-lineari. Principio di stazionarietà di Hellinger-Reissner. Principi di minimo dell'energia Complementare. Formulazione forte e formulazione debole dei problemi al contorno. Introduzione alla tecnica degli elementi finiti; il metodo di Raleigh-Ritz; classificazione dei vari tipi di elementi.

Analisi matriciale delle strutture monodimensionali piane e spaziali. Metodo delle rigidezze. Elementi finiti agli spostamenti per travi rettilinee e ad asse curvo.

Problemi piani di tensione. Formulazione forte e debole agli spostamenti. Famiglie di elementi compatibili; gli elementi triangolari a 6 e 12 gradi di libertà. Elementi isoparametrici.

Problemi tridimensionali. Formulazione forte e debole agli spostamenti. Problemi assialsimmetrici; gli elementi toroidali a 6 e 12 gradi di libertà. Elementi tetraedrici e poliedrici e relative famiglie.

Lastre inflesse. Formulazione forte e debole agli spostamenti della teoria di Kirchhoff delle lastre inflesse. Elementi finiti agli spostamenti e problemi connessi al loro uso. "Finite strip method". Formulazione debole di tipo misto. Elementi misti ed ibridi; l'elemento misto triangolare a momento costante e spostamento lineare; l'elemento misto quadratico rettangolare. Problemi connessi all'analisi di piastre ortotrope.

Cenni ai problemi agli autovalori. Matrice di rigidezza geometrica; carichi critici e deformate critiche. Matrice delle masse; frequenze e modi propri di vibrazione. Metodi numerici per il calcolo degli autovalori.

Generalità sui metodi di calcolo automatico delle strutture. Discretizzazione della struttura e relativi problemi.

Matrice di rigidezza del singolo elemento; assemblaggio delle matrici di rigidezza della struttura; relazioni fra le topologie della discretizzazione e della matrice di rigidezza assemblata; sottostrutture. Condizioni di carico; organizzazio-

ne e memorizzazione dei vettori dei carichi nodali equivalenti. Metodi di risoluzione dei sistemi lineari algebrici; metodi di fattorizzazione delle matrici secondo Gauss e Cholesky. I sistemi algebrici di grandi dimensioni; procedimento di risolu zione a banda; il metodo frontale. Definizione del calcolo delle sollecitazioni nel singolo elemento e problemi connessi alla ortanizzazione e gestione dei risultati ed alla loro interpretabilità ed affidabilità.

Nel corso delle esercitazioni gli studenti verranno assistiti nella redazione e nella gestione di programmi di calcolo per strutture concrete.

Testi consigliati

C.A.BREBBIA J.J. CONNOR, *Fundamentals of Finite Element Techniques.* Butterworth, London, 1973. (traduzione italiana in corso di stampa)

M. CAPURSO, *Introduzione al calcolo automatico delle strutture.* Cremonese, Roma, 1977.

R.D. COOK, *Concepts and Applications of Finite Element Analysis.* J. Wiley, New York, 1974.

G. TONIOLO, *Analisi strutturale con l'elaboratore elettronico.* Tamburini, Milano, 1975.

50

ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA

Docente: **Leonardo Lugli** prof. ord.

Il Corso si propone di trattare i processi globali di progettazione sia sul piano teorico, tramite le lezioni, sia sul piano applicativo, tramite esercitazioni consistenti in esperienze progettuali complesse.

In tale prospettiva è essenziale che lo studente prenda contatto con i problemi concreti ed attuali che la collettività esprime in termini di domanda sociale e si sensibilizzi ai processi di progetto partecipato, ritrovando la dimensione sociale del progetto stesso nell'applicazione delle proprie conoscenze tecniche e scientifiche e nell'espletamento delle competenze specifiche della figura professionale verso la quale si orienta.

Programma

1. *Individuazione di linee di struttura configurate nel tessuto urbano e territoriale*

– Definizione e censimento delle risorse spaziali che la città esprime: il P.R.G.
– L'organizzazione delle risorse nello spazio civico: integrazione residenza-servizi.
– Gli standards abitativi e urbanistici.
– Il Piano Particolareggiato come raccordo della scala urbanistica al progetto architettonico: piani per i centri storici, comparti edilizi, riorganizzazione delle periferie.

2. *Il progetto partecipato: utenza e progetto*
— La committenza del progetto partecipato.
— Il quadro politico-amministrativo nel quale è attuabile la partecipazione popolare al progetto.
— Il decentramento democratico.
— Metodologie di progetto partecipato.

3. *Metodologie di progettazione*
3.1. *Processi progettuali come modelli di generazione della forma*
Ciclo di lezioni nelle quali si illustrano, con criterio monografico, alcuni esempi di processi progettuali completi, finalizzati alla realizzazione di organismi edilizi complessi, chiamando anche progettisti di edifici di particolare interesse ad esporre i propri obiettivi.
3.2. *L'intervento nella preesistenza*
a. Normativa per il recupero di preesistenze edilizie.
b. Normativa per il recupero e il restauro degli edifici emergenti.
c. Normativa per il recupero di oggetti a scala territoriale.
3.3. *Metodi sistematici di progettazione*
a. Processi basati sulla formulazione di requisiti:
— formulazione linguistica delle prestazioni richieste, brainstorming,
— matrici di interazione tra requisiti,
— ricomposizione del problema: cenni sulla teoria dei grafi.
b. Processi basati su specificazione di prestazioni.
c. Progettazione assistita con l'uso del calcolatore (C.A.D.)

Testi consigliati

L. LUGLI (a cura di), *Progetto e partecipazione democratica*, Ed. Patron, Bologna, 1976, e la bibliografia ivi contenuta.

Nelle esercitazioni del corso lo studente dovrà compiere una esperienza completa di progettazione, partendo da una prima fase di analisi, nella quale entrare in possesso delle informazioni necessarie a trattare correttamente il tema, per procedere alla formulazione di proposte progettuali di intervento.

L'esame consiste in un colloquio nel quale lo studente risponderà a domande sul lavoro di esercitazione e sui testi che avrà consultato per elaborare il proprio progetto.

Inoltre, lo studente risponderà a domande sugli argomenti delle lezioni: dispensa del corso è il volume "Progetto e partecipazione democratica".

Tesi di Laurea:

Gli argomenti che si propongono per le tesi di laurea sono quelli trattati nelle esercitazioni del Corso. Si prevede il coordinamento con docenti di altri Corsi della Facoltà, quali Scienza delle costruzioni, Tecnica delle costruzioni, Fisica tecnica e Impianti tecnici civili, nonché dei corsi di Idraulica, Costruzioni idrauliche e Trasporti per argomenti specifici. Inoltre si prevede di avvalersi della collaborazione di docenti di altre Facoltà per gli aspetti economici e sociologici.

3870
ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA II
Docente: **Giorgio Praderio** prof. ass.

Programma

1) *La progettazione globale dell'organismo architettonico:*

La prima parte del corso svolge una necessaria premessa per riprendere il quadro progettuale entro cui l'operatore laureato è chiamato ad agire, in rapporto alla rinnovata complessità dei contenuti progettuali che, accanto ai tradizionali aspetti funzionali e formali, hanno visto l'insorgere di nuovi aspetti ambientali, culturali e tecnologici.

2) *La progettazione architettonica assistita, i supporti operativi e le tecnologie progettuali:*

La seconda parte del corso tratta esplicitamente e con sistematicità i metodi, le tecniche e i supporti progettuali. L'obiettivo è di giungere ad un'effettiva operabilità delle sintesi progettuali per ricomporre gli aspetti analitici, di calcolo, verifica e quantitativi con gli aspetti procedurali, simulativi e qualitativi e quelli scientifici con quelli umanistici.

Questa parte si fonda sulla consapevolezza che la progettazione debba inserirsi pienamente nell'epoca dell'informazione e delle tecnologie appropriate per una architettura ambientale rispondente ai diversi contesti e culture.

3) *Le funzioni progettuali:*

Nella terza parte del corso gli aspetti d'uso e di forma tradizionali vengono reinterpretati e ricollocati alla luce del riconoscimento di "funzioni progettuali" che l'approccio sistemico individua, oltre i consueti confini tra preesistenza e nuova edificazione, tra interno/esterno e requisiti/prestazioni.

Viene assunto un sistema di criteri ordinatori ed operativi che superano i tradizionali livelli di scala e le usuali distinzioni tipologiche, perché si rifanno essenzialmente alle interconnessioni tra fattori processuali interni (variabili interiorizzate) e fattori processuali esterni al ciclo architettonico canonico (variabili esteriorizzate), tra leggi organizzative e parametri di identificazione, tra azioni e condizioni attuative, tra proposte e verifiche di impatto ambientale, tra stati di equilibrio morfologico e stati di transizione ambientali.

4) *Esempi di esperienze architettoniche integrate:*

La quarta parte del corso esemplifica didatticamente una serie rappresentativa di casi di progettazione applicata, in cui si dà risalto alle sequenzialità degli atti e agli aspetti interpretativi e di sintesi.
Esempi di progettazione di organismi architettonici;
esempi di progettazione di oggetti e allestimenti urbani;
esempi di progettazione di comparti integrati.

Il corso è integrato da *esercitazioni* pratiche individuali, coordinate con quelle dell'omonimo corso del IV anno. Esse sono fondate su esperienze di sintesi progettuale, a partire da situazioni già istruite analiticamente, per organismi e comparti complessi a scala esecutiva, con possibili verifiche di laboratorio.

All'esame del corso si accederà solo dopo aver completato il tema di esercitazione, durante l'anno o in "stages" settimanali programmati all'inizio dell'anno accademico.

L'*esame* consisterà in una prova scritta e orale.

Per la metà dell'anno 84 è prevista la pubblicazione di un volume (dal titolo provvisorio "La progettazione ambientale: cultura, informazione, risorse e tecnologia") che costituirà il testo di riferimento.

6461
CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE (Civili)
Docente: **Silvano Martello** prof. inc.

Scopo del corso:

- Fornire uno strumento di approccio logico alla analisi e alla soluzione di diverse classi di problemi.
- Introdurre all'uso di linguaggi di programmazione (FORTRAN IV e BASIC), per la traduzione degli algoritmi di risoluzione in programmi per elaboratori elettronici.
- Analizzare i principali problemi di calcolo numerico e descrivere gli algoritmi che li risolvono.

Programma

- 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.

- Diagrammi di Flusso.

Definizione di diagramma di flusso. Elementi di base (Valori, Costanti, Variabili scalari e con indici, Espressioni). Istruzioni (Assegnazione, Ingresso-Uscita, Salto incondizionato e condizionato, Inizio e Fine, Definizione). Cicli, Sottoalgoritmi e Procedure.

- Descrizione funzionale di un elaboratore elettronico

Processo di elaborazione automatica. Struttura ed organizzazione di un elaboratore elettronico. Sistemi di numerazione. Rappresentazione delle informazioni. Problemi di arrotondamento e di precisione.

- Linguaggi di Programmazione.

Classificazione dei linguaggi. Linguaggio FORTRAN IV. Linguaggio BASIC. Ricerca, identificazione e correzione degli errori. Classificazione dei tipi più comuni di errori sintattici e di errori logici. File e record. Uso di file sequenziali.

– Algoritmi di Calcolo Numerico.
Elementi di algebra delle matrici (somma, prodotto, trasposta, inversa). Norme di un vettore e norme di una matrice. Radici reali di equazioni algebriche e trascendenti (metodi della Bisezione, delle Tangenti e delle Corde). Sistemi di equazioni lineari (metodo di Gauss per la fattorizzazione LR, metodo di Cholesky per la fattorizzazione LL^T, metodo di Gauss modificato per la fattorizzazione LDL^T). Interpolazione (metodi dei Polinomi e di Lagrange). Metodo dei Minimi Quadrati. Integrazione numerica (metodi dei trapezi, di Simpson e di Gauss). Equazioni differenziali ordinarie (metodi di Eulero e di Eulero modificato). Sistemi di equazioni differenziali (con condizioni iniziali e con condizioni al contorno).

– Strutture dei dati.
Vettori e matrici. Tabelle. Metodi di ricerca su tabelle. Matrici sparse. Code e pile. Tecniche di impaccamento.

– Introduzione all'uso del Plotter.
Descrizione dei più comuni tipi di Plotter. Messa in scala. Istruzioni fondamentali.

Le *esercitazioni* riguardano la messa a punto di algoritmi e di programmi di calcolo con l'uso di un elaboratore elettronico.

Testi consigliati

Dispense distribuite dalla Libreria Pitagora.

L'esame consiste in una prova scritta sui diagrammi di flusso e sul linguaggio di programmazione FORTRAN ed in una prova orale.

85
CARATTERI DISTRIBUTIVI DEGLI EDIFICI
Docente: **Giorgio Trebbi** prof. ass.

Programma

La materia del corso si divide nelle seguenti parti: 1) Serie storica di cicli di attività. I campi dell'attività umana e il tracciamento degli schemi di articolazione. Evoluzione e trasformazione di attività. Rilevazione e analisi. Metodi di progettazione sistematica. Fasi progettuali. Processo metodologico delle entità funzionali (localizzazione, dimensione e struttura) come componenti essenziali dello spazio e dei percorsi dell'architettura. Correlazione fra funzioni e altre componenti progettive, tecniche e compositive che concorrono alla progettazione edilizia. Analisi storica. Lettura di organismi moderni con attività specializzate o pluriuso. Lettura attualizzata di edifici antichi. 2) Tecniche di progettazione. Verifica della utilità degli standards edilizi ed urbanistici in confronto di sistemi interagenti di attività. Nuo-

vo ruolo della tipologia. La normativa. Problemi di quantificazione. Architettura tecnica come costante recupero della progettazione al processo industriale. 3) Progetto partecipato e implicazioni metodologiche. Evoluzione del processo progettuale ed evoluzione sociale. La visione sinottica della città. Partecipazione associativa e integrazione culturale. Advocacy planning. Attivazione culturale e tessuto urbano. Casa e comportamenti. Campi di variabilità. Socializzazione e "gruppi generazionali" nella nuova immagine della città. Stati esigenziali primari. Concetto di socializzazione urbana e tipo di organizzazione urbana.

Esercitazione di ricerca singola o di gruppo (con articolazione per singoli componenti). Il corso, oltre a coordinarsi con i corsi di Composizione architettonica e di Tecnica urbanistica, si concretizza in una ricerca attiva volta ad aggredire alcuni tra i problemi di cui allo schema programmatico, avvalendosi del corredo di una ragionata ricerca bibliografica. La ricerca, espressa monograficamente, dovrebbe concludersi in una dichiarazione di principio del processo seguito, giustificativo del campo di scelta.
(per maggiori dettagli e la bibliografia consigliata, v. l'opuscolo "Programmi di insegnamento" dell'Istituto di Architettura e Urbanistica).

5797
COMPLEMENTI DI COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI
Docente: **Alberto Bucchi** prof. ord.

Programma

— 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.

— 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_e.

— 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. Prova Marshall: % di bitume, granulometria, indice dei vuoti, filler. 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, Ieuffroy e Bachelez, Acum e Fox, Ivanov, Bisar. Cataloghi. Pavimentazioni cementizie: Westergaard, Burmister-Peltier, Hogg.

– 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 trombetta 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: *Costruzione di Strade*, Ferrovie ed Aeroporti.
F. GIANNINI e P. FERRARI: *Costruzioni stradali e ferroviarie.*

2816
COMPLEMENTI DI SCIENZA DELLE COSTRUZIONI
Docente: **Ferdinando Laudiero** prof. ass.

Il corso intende ampliare le ipotesi e la metodologia di calcolo assunte nel corso di Scienza delle Costruzioni, allo scopo di valutare il grado di sicurezza di strutture costituite da sistemi piani di travi. Viene analizzato il comportamento statico non lineare di tali tipi strutturali sotto il duplice riguardo della non linearità meccanica (superamento della soglia elastica da parte del materiale) e della non linearità geometrica (stabilità dell'equilibrio).

Programma

1) Stabilità dell'equilibrio elastico dei sistemi piani di travi.

Sistemi meccanici conservativi. Principio di stazionarietà dell'energia potenziale totale. Teoria del II ordine e condizioni per la stabilità dell'equilibrio dei sistemi discreti e dei sistemi a deformabilità diffusa. Metodo energetico e discretizzazione dei sistemi continui via metodo di Rayleigh e metodo di Ritz. Formula di Newmark. Influenza della deformabilità tagliante sul carico critico. Matrice di rigidezza geometrica. Il calcolo del carico critico come problema agli autovalori. Comportamento asin-

totico e comportamento biforcativo. Fattori di amplificazione. Il metodo degli elementi finiti per sistemi piani di travi. Condensazione statica. Metodo P-Δ. Instabilità flesso-torsionale di una trave prismatica di parete sottile semplicemente inflessa ovvero sottoposta ad un carico assiale centrato. Instabilità di seconda specie.

2) Calcolo dei sistemi piani di travi in campo elasto-plastico.

Il comportamento elasto-plastico delle aste metalliche inflesse. Idealizzazioni del legame tensioni-deformazioni. Flessione elasto-plastica. Il modello di cerniera plastica. Curve di interazione M-N. Calcolo passo-passo e redistribuzione degli sforzi. I teoremi fondamentali del calcolo a rottura. Tecniche di delimitazione del moltiplicatore di collasso. Il calcolo a rottura mediante la programmazione lineare. La combinazione dei meccanismi.

3) Colcolo di sezioni in c.a. allo stato limite ultimo per tensioni normali.

Duttilità della sezione in semplice e doppia armatura. Determinazione del momento di rottura. Curve di interazione M-N.

4) Comportamento elasto-plastico dei sistemi piani di travi in presenza di effetti del II ordine.

Il calcolo elasto-plastico di una struttura intelaiata metallica in presenza di effetti del II ordine (cenni). Delimitazione bilaterale del moltiplicatore di collasso secondo la tecnica di Merchant. La formula di Rankine-Merchant.

Testi consigliati:

L. CORRADI: *Instabilità delle strutture*, CLUP, Milano, 1978.
C. MASSONNET, M. SAVE: *Calcolo plastico a rottura delle costruzioni*, CLUP, Milano, 1980.

1956
COMPLEMENTI DI TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI
Docente: **Giancarlo Foresti** prof. ass.

(V. Corso di Laurea in Ingegneria Civile Trasporti).

2009
COMPLEMENTI DI TECNICA URBANISTICA
Docente: **Silvano Casini** prof. ass.

Il Corso è destinato agli studenti che, al V anno, intendono proseguire nell'approfondimento dei temi riguardanti il territorio, già svolti o presentati nell'ambito dei corsi di *Tecnica urbanistica* e si pone per oggetto alcune *problematiche* fon-

damentali, da sviluppare su *livelli* diversi ma strettamente correlati, in base all'attualità dei problemi e alla complessità ed estensione della materia:

1. *Le strutture del territorio*, negli aspetti più significativi sia dal punto di vista settoriale che insediativo. La metodologia d'indagine si fonda sull'individuazione di indicatori qualitativi e quantitativi che consentano di mettere a fuoco i caratteri specifici diretti e indiretti, determinanti il modo di essere delle varie strutture.

2. *L'organizzazione del territorio*, attraverso l'esame dei livelli di utenza e di gestione, dell'impiego delle risorse, delle politiche di settore, del grado di interdipendenza settoriale conseguente al quadro economico e sociale. L'intento è di evidenziare i momenti e i meccanismi di squilibrio per pervenire, in positivo, all'individuazione di un assetto territoriale equilibrato puntando sulla massima partecipazione dell'utenza alle scelte, su un livello di utilizzazione delle risorse e dei patrimoni, sul superamento delle politiche strettamente di settore in una visione complessiva dei problemi.

3. *Un livello*, a cui si fa riferimento nello sviluppare le problematiche su esposte, attiene alle *teorie*, discipline e tecniche che rappresentano le articolazioni significative dell'approccio complessivo al discorso del territorio, quali l'economia urbana e regionale, la programmazione economica e territoriale, la pianificazione e gestione, le strutture ambientali, etc.

4. *Un secondo livello* è rappresentato dagli aspetti propriamente metodologici, dagli *strumenti* conoscitivi ed operativi, dalle *tecniche* di analisi e di misura necessari per operare nell'ambito urbano e territoriale.

Programma

Il Corso si articola in fasi distinte.

I fase

Analisi delle realtà territoriali, attraverso l'esame delle caratteristiche della struttura demografica occupazionale, produttiva, della gerarchia urbana e territoriale, dei caratteri ambientali, delle ipotesi di crescita, delle modalità di gestione, etc.

II fase

Analisi sistematica dei diversi aspetti settoriali, in riferimento ad ipotesi di crescita socio-economica e di articolazione organizzativa. Si sottopongono ad esame, attraverso esempi di realtà concrete, i modi in cui un'attività produttiva o di servizio si esplica a seconda delle caratteristiche economiche, sociali e ambientali dell'ambito territoriale interessato.

1. Le attività produttive e di servizio come fattori di strutturazione del territorio. 2. L'agricoltura. 3. L'industria. 4. L'artigianato. 5. I servizî. 6. Aspetti di interazione tra attività produttive, residenza e servizî.

III fase

Si tende a *ricondurre in termini complessi le problematiche sviluppate in precedenza.*

Il Corso è integrato da esercitazioni, esempî pratici e seminari intergruppo.

L'esame consiste in un colloquio nel quale lo studente presenterà il lavoro svolto individualmente o in gruppo nel corso delle esercitazioni. Egli dovrà inoltre trattare gli argomenti che gli saranno proposti, attinenti il lavoro delle esercitazioni, i contenuti del Corso svolti nelle lezioni e specifiche parti della bibliografia consigliata. (per maggiori dettagli e la bibliografia consigliata, v. l'opuscolo "Programmi di insegnamento" dell'Istituto di Architettura e Urbanistica).

4053
COSTRUZIONI METALLICHE
Docente: **Giuseppe Matildi** prof. ass.

Finalità del corso: 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 controventamento.

5. *I collegamenti degli elementi strutturali*

- Generalità sui collegamenti;
- Unioni chiodate e bullonate;
- Unioni saldate;
- Collegamenti tipici fra elementi strutturali;
- I vincoli fondamentali e il loro calcolo.

6. *Le costruzioni civili ed industriali*

- Gli edifici multipiano;
- I fabbricati industriali.

7. *Questioni fondamentali concernenti alcune tipiche strutture metalliche dei ponti*

- Travate in sistema misto acciaio-calcestruzzo;
- Impalcati in piastra ortotropa;
- Ponti strallati.

Le lezioni verranno integrate da una dettagliata illustrazione di progetti esecutivi.

Testi consigliati:

G. BALLO, F.M. MAZZOLANI, *Strutture in acciaio*, ed. ISEDI, (Mondadori), Milano.
D. DANIELI, F. DE MIRANDA, *Strutture in acciaio per l'edilizia civile ed industriale*, Collana Tecnico-Scient. ITALSIDER, Vol. VI, ed. CISIA' Milano.
P. MATILDI, M. MELE, *Impalcati a piastra ortotropa ed in sistema misto acciaio-calcestruzzo*, Collana Tecnico-Scient. ITALSIDER, Vol. Va 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.

5690
COSTRUZIONI PER L'INDUSTRIA
Docente: **Claudio Comani** prof. ass.

Finalità del corso è quella di stabilire, tramite il ruolo degli ingegneri industriali, le relazioni intercorrenti tra organizzazione della produzione, disposizione spaziale degli impianti e realizzazione dell'ambiente fisico e di fornire quindi le informazioni utili per una progettazione integrale applicata all'industria (a scala di insediamento, sistema, componente edilizio).

Lo studio quindi si articola nelle seguenti fasi:

- *Fase metodologica* di analisi funzionale dell'impianto industriale, basata *sullo studio sistematico del layout;*

- *Fase di progettazione ambientale* del sistema edilizio industriale; individuazione di ambiti spaziali sulla base delle diverse esigenze funzionali e fisico-ambientali;
- *Fase di progettazione tecnologica* del sistema edilizio industriale; studio degli elementi del sistema tecnico (costruttivo, impiantistico) e dei componenti, mediante definizione di un insieme di prestazioni;
- *Studio delle tipologie edilizie industriali* in rapporto alla scelta dei diversi materiali e dei procedimenti costruttivi;
- Criteri di applicazione dei processi industriali all'edilizia: problemi di industrializzazione e prefabbricazione dei componenti edilizi.

Testi consigliati:

I. TAGLIAVENTI, *Caratteri delle costruzioni industriali,* 1962.
P. CARBONARA, *Architettura pratica,* vol. IV: Gli edifici per l'industria, a cura di F.M. Roggero, 1967.
R. MUTHER, *Manuale del layout,* 1967.
V. ZIGNOLI, *Tecnica ed economia della produzione,* 1972.
G. CIRIBINI, *Architettura e industria,* 1958.
V. ZIGNOLI, *Costruzioni metalliche,* 1968.
T. KONCZ, *La prefabbricazione residenziale e industriale,* 1966.

Le esercitazioni (volontarie) consistono nel lavoro individuale o di gruppo su alcuni temi di progettazione industriale assegnati agli studenti.

L'esame può comportare o una verifica della preparazione degli studenti sulla base degli argomenti svolti nelle lezioni teoriche o una discussione del lavoro di esercitazione integrata da domande sugli argomenti del programma.

6200
DINAMICA DELLE STRUTTURE
Docente: **Pier Luigi Sacchi** prof. ass.

Programma

1) *La propagazione delle onde nei mezzi elastici*

Le equazioni fondamentali della elastodinamica. Onde elastiche piane: onde longitudinali e onde trasversali. Onde superficiali di Rayleigh.

2) *Fondamenti energetici della dinamica dei sistemi*

Richiami di meccanica analitica: le equazioni di Lagrange. Il teorema delle forze vive per i sistemi discreti e continui. Il Principio di Hamilton per i sistemi discreti e continui. Formulazioni variazionali alternative. Le equazioni di Hamilton.

3) *Dinamica dei sistemi discreti ad un grado di libertà*

L'oscillatore elementare. Oscillazioni libere e oscillazioni forzate. Oscillazioni libere e oscillazioni forzate con smorzamento. Oscillazioni in presenza di uno spostamento impresso. Smorzamento non lineare. Smorzamento per isteresi. Smorzamento per attrito. Sviluppo in serie di Fourier di una forza periodica: l'oscillatore come "filtro". Risposta ad un impulso. Integrale di Duhamel. Risposta di un oscillatore. Spettro di risposta. Oscillatore non lineare. Cenni ai metodi di integrazione numerica. Oscillatore elasto-plastico. Cenni al problema delle fondazioni delle macchine vibranti.

4) *Dinamica dei sistemi discreti a più gradi di libertà*

Equazioni del moto dei sistemi elastici lineari discreti. Oscillazioni libere. Analisi modale. Oscillazioni forzate. Oscillazioni causate da forze armoniche. Influenza dello smorzamento. Oscillazioni in presenza di spostamenti impressi. Procedimenti numerici per il calcolo degli autovalori. Il metodo di Stodola-Vianello e il metodo di Jacobi. Valutazione approssimata del primo autovalore. Rapporto di Rayleigh. Teoremi di Rayleigh.

5) *Dinamica dei sistemi continui*

Oscillazioni libere. Oscillazioni in presenza di spostamenti impressi.

6) *Dinamica delle travi*

Oscillazioni flessionali libere della trave. Casi notevoli: mensola e trave appoggiata. Effetto dell'inerzia rotatoria: equazioni di Rayleigh. Effetto delle deformazioni taglianti: teoria della trave di Timoshenko. Mensola con massa concentrata all'estremità. Mensola a deformabilità tagliante. Trave di sezione variabile. Rapporto di Rayleigh. Metodo di Rayleigh-Ritz. Influenza dello sforzo assiale. Oscillazioni forzate. Oscillazioni in presenza di spostamenti impressi.

7) *Dinamica dei telai piani*

Oscillazioni libere delle travi continue. Oscillazioni libere dei telai piani a nodi fissi: il metodo iterativo per il calcolo delle frequenze di vibrazione. Oscillazioni libere dei telai a nodi spostabili: il metodo iterativo (di rilassamento) per il calcolo delle frequenze di vibrazione. I modelli discreti per i telai piani a nodi spostabili; ipotesi dei traversi rigidi e ipotesi delle masse concentrate nei nodi.

8) *Azioni sismiche sulle strutture*

I terremoti. Spettro di Fourier di un terremoto. Spettro di risposta di un terremoto. Cenni sulla alterazione dello spettro di risposta per effetto della geologia locale. Cenni sugli effetti della interazione suolo-struttura.

9) *Applicazioni alla dinamica sismica dei telai piani*

Il metodo approssimato per sovrapposizione dei modi nella dinamica sismica dei telai piani. La verifica dinamica al sisma di un telaio "shear-type" secondo la normativa italiana. Confronti con il metodo delle forze statiche equivalenti.

10) *Applicazioni alla dinamica sismica dei telai spaziali*

I telai spaziali a solette rigide. Il metodo approssimato per sovrapposizione dei modi nella dinamica sismica dei telai spaziali. Il problema della ripartizione delle azioni sismiche orizzontali tra le pareti di controvento. Baricentro elastico di un impalcato.

251
ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE
Docente:

(V. Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica)

4001
ELEMENTI DI ARCHITETTURA TECNICA
Docente: **Giampiero Cuppini** prof. ass. (inc.)

(Il Programma del corso è disponibile presso l'Istituto di Architettura ed Urbanistica).

522
IMPIANTI TECNICI CIVILI
Docente: **Eros Tartarini** prof. inc. stab.

Programma

1) Impianti di riscaldamento e condizionamento dell'aria. Definizione delle grandezze interessanti il condizionamento dell'aria. Condizionamento dell'aria civile e industriale. Carta delle temperature effettive, carta del benessere, fattori strutturali e fisiologici che influenzano direttamente il benessere. Trasmissione del calore in regime stazionario e non stazionario; grandezze che influenzano lo smorzamento e lo sfasamento in una parete piana. L'irraggiamento solare. Temperatura equivalente e temperatura equivalente fittizia. Effetti delle strutture sul ritardo. Regime termico stabilizzato, pareti tipo. Irraggiamento solare sulle superfici vetrate: schermi esterni. Classificazione degli impianti di riscaldamento e degli impianti di condizionamento. Impianti a tutta aria, aria-acqua, tutt'acqua e autonomi. Tubazioni e canalizzazioni con loro dimensionamento. Centrali termiche e centrali frigrifere. Approvvigionamento idrico e torri di farrredamento. Norme relative agli

impianti; A.N.C.C. e VV.FF. - Cenni di acustica ed isolamento relativo agli impianti.

2) Impianti idrici. Approvvigionamento d'acqua. Rete di distribuzione nell'interno dei fabbricati. Sistemi di sopraelevazione nella pressione d'acqua. Pompe centrifughe e loro installazione. Autoclave: equazione fondamentale e determinazione del volume utile. Tempi di scatto. Reti antincendio. Materiali delle reti di distribuzione. Calcolo delle portate. Coefficiente di contemporaneità e calcolo delle tubazioni. Produzione diretta e indiretta di acqua calda. Distribuzione di acqua calda e calcolo degli impianti di distribuzione e di produzione di acqua calda.

3) Impianti di distribuzione del gas. Reti e materiali impiegati. Contatori. Calcolo delle tubazioni.

4) Impianti sanitari. Reti di scarico acque nere e gialle. Diramazioni, reti, collettori. Calcolo delle tubazioni per: solo acque sanitarie, acque piovane. Impianti di sollevamento delle acque di rifiuto. Chiarificazione, depurazione e disinfezione delle acque. Calcolo delle reti di ventilazione.

5) Impianti di sollevamento: ascensori e montacarichi. Cabina e contrappeso. Apparecchi a paracadute. Le guide. Gli organi di sospensione. Apparato motore e apparecchiature elettriche di comando e di controllo. Calcolo della superficie utile dell'ascensore. Calcolo del tempo di corsa di un ascensore. Dimensionamento del vano corsa. Legislazione relativa a detti impianti.

6) Compressione aria e gas. Leggi relative alla compressione ed espansione dell'aria e altri gas; legge generale dei gas; processo isotermico; processo adiabatico; processo politropico; fattori di comprimibilità e flusso gassoso.
Compressori per aria e gas: compressione a più stadi; rassegna dei vari tipi di compressori; compressori a pistoni; compressori rotativi; spostamento volumetrico e rendimento volumetrico; consumo specifico di energia.
Descrizione di vari tipi di compressori stazionari e compressori mobili.

Testi consigliati

STRADELLI, *Condizionamento dell'aria.*
A. IZAR, *Termotecnica.*
C. PIZZETTI, *Condizionamento dell'aria e refrigerazione.*

Propedeuticità consigliate

Fisica Tecnica, Meccanica applicata a macchine e macchine, Idraulica.

Tesi di laurea

Gli argomenti che si propongono per le tesi di laurea sono:
Impianti di condizionamento di fabbricati adibiti a usi civili diversi, centri sociali, industrie. Impianti di riscaldamento centralizzati. Possono essere anche coordinati con gli Istituti di Architettura e Urbanistica, Costruzione di Strade, Ferrovie e Aeroporti.

812
PRINCIPI DI DIRITTO (semestrale)
Docente: **Mauro Bernardini** prof. inc. stab.

Programma

— Nozioni e distinzioni del diritto. Le fonti del diritto. Il soggetto del diritto. Persone fisiche e persone giuridiche.

— L'oggetto del diritto. I beni. Fatto, atto e negozio giuridico. Tutela giurisdizionale del diritto.

— Diritti reali. Possesso. Proprietà. Specie di proprietà. Limitazioni. Modi d'acquisto e tutela della proprietà. Diritti reali limitati; in specie servitù prediali.

— Condominio degli edifici.

— Diritti di obbligazione: concetti generali. Contratti nominati: vendita, locazione, appalto, mandato, mutuo, assicurazione. Titolo di credito. Trascrizione e tutela dei diritti.

— Imprenditore commerciale e impresa. Azienda e diritti su beni immateriali. Società commerciali.

— Elementi di diritto pubblico: a) organi costituzionali dello Stato; b) ordinamento amministrativo; c) atto amministrativo e tutela del privato contro gli atti illegittimi della pubblica amministrazione.

— Legislazione edilizia e urbanistica.

— Espropriazione per pubblica utilità.

— Cenni di diritto del lavoro e sull'ordinamento delle professioni.

Testi consigliati, oltre gli appunti di lezione

1) M. BERNARDINI, *Contenuto della proprietà edilizia - Prospettive e problemi*, Bologna, CLUEB 1982.
2) F. GALGANO, *Elementi di diritto*, Zanichelli, Bologna 1982.
3) CODICE CIVILE a cura di Nicolò e di Maio, Ed. Giuffrè 1981 e ss. (con costituzione premessa e, in appendice, L. 1150/1942, L. 10/1977, L. 392/1978).

5568
PROCESSI INDUSTRIALI APPLICATI ALL'EDILIZIA
Docente: **Franco Nuti** prof. ass.

Finalità

Il corso si propone di analizzare le problematiche connesse con la razionalizzazione delle diverse fasi del processo edilizio e con l'applicazione dei criteri

e dei metodi, che sono alla base dei processi industriali, nella progettazione ed esecuzione del sistema edilizio. I temi trattati riguardano quindi i rapporti intercorrenti fra ideazione, produzione e tecnologia, con riferimento ad una normativa qualitativa, che interviene nelle diverse componenti di trasformazione dell'ambiente.

Programma

Struttura del processo edilizio; razionalizzazione delle fasi del processo edilizio nel contesto ambientale. Gli operatori del processo edilizio; relazioni tra fasi ed operatori.

L'edilizia e il grande numero. Il processo industriale: teorie generali e definizioni di base. L'edilizia come industria: aspetti e limiti dell'industrializzazione.

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

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

La progettazione del sistema edilizio e degli elementi componenti. Studio, a livello di analisi della fattibilità (economica, tecnologica e funzionale) del sistema edilizio, in rapporto alle prestazioni dell'ambiente conseguibile e alle diverse componenti dell'architettura.

Rapporti fra tipologia edilizia e procedimento costruttivo. Criteri per la progettazione del sistema edilizio industrializzato: a livello spaziale (flessibilità d'uso e di aggregazione), a livello tecnologico (coordinazione dimensionale, standardizzazione delle connessioni, tolleranze).

Criteri di scelta dei materiali e del tipo costruttivo. Il piano di costruzione.

Problemi produttivi e gestionali dell'industria edilizia. Programmazione e pianificazione della produzione. Fattori di produzione. Schemi produttivi. L'organizzazione e la gestione della produzione, ciclo operativo, coordinamento funzionale. Organizzazione dello stabilimento: reparti, impianti, attrezzature, materiali, servizi. Organizzazione del lavoro; studio dei tempi. La produzione nel cantiere di costruzione. La produzione in stabilimento. Controllo statistico e qualitativo.

Trasporti interni e immagazzinamento. Trasporti esterni sino al cantiere di costruzione.

I costi d'impianto, di produzione, di gestione.

Analisi ed esemplificazione di procedimenti costruttivi e di componenti industrializzati. Confronto critico di varie esperienze.

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

8078
PROGETTAZIONE URBANISTICA
Docente: **Celestino Porrino** prof. ass.

Il corso si propone lo studio del progetto urbanistico come progetto di un ambiente abitativo in senso globale. A tale scopo lo svolgimento del corso:

— considera l'organizzazione della città come sistema interagente di funzioni localizzate;
— esamina i processi di identificazione e configurazione dello spazio urbano;
— riconosce i requisiti della morfologia e della struttura urbana;
— sollecita la riflessione sulle tematiche delle gerarchie funzionali e delle articolazioni spaziali, del continuo e del discontinuo, dei rapporti tra preesistenze e rinnovo, tra costruito e ruolo architettonico degli spazi aperti.

Programma

— Determinazione dell'impianto urbanistico. Il sito e le condizioni al contorno; funzioni ed attività; processi di formazione e trasformazione.
— Qualità urbana. Servizi, accessibilità ed ambiente; architettura della città; individualità del fatto urbano.
— Sistema dei percorsi. Il percorso come elemento di struttura; specializzazione e gerarchizzazione; morfologia e funzionalità delle reti.
— Organizzazione degli spazi collettivi. Sistema spaziale e sistema di funzioni; livelli di servizio ed ambiti di convergenza; diffusione e polarizzazione.
— Aggregazione delle tipologie. Rapporti tra impianto urbano e tipi edilizi; unità di minima aggregazione; unità di massima aggregazione.
— Allestimento delle opere di urbanizzazione. Opere primarie e secondarie; idoneità insediativa in senso tecnico e sociale; economia ed equilibrio degli insediamenti abitativi.
— Recupero delle preesistenze. Riuso e rinnovo del patrimonio insediativo; riqualificazione e rifunzionalizzazione dell'impianto urbano; restauro urbanistico-ambientale.
— Redazione del progetto urbanistico di dettaglio. Compiti del progettista; contenuti, validità ed efficacia del progetto; il progetto come strumento del processo di attuazione.

Nel corso delle lezioni vengono diffusamente esaminati esempi e modelli tratti dalle città storiche, dall'urbanistica moderna, e dalle esperienze e dal dibattito contemporaneo.

Il corso è completato da esercitazioni progettuali, singole o di gruppo. Le esercitazioni sono fondamentali ai fini dell'esame di profitto.

Indicazioni bibliografiche sono reperibili presso l'Istituto di Architettura e Urbanistica.

8079
PROGETTI PER LA RISTRUTTURAZIONE E IL RISANAMENTO EDILIZIO
Docente: **Giampiero Cuppini** prof. ass.

Contenuti del Corso

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 edilizia; ristrutturazione urbanistica".

2. *Indagini analitiche sullo stato del manufatto*

2.1. Messa a punto di una metodologia scientifica per la restituzione della situazione statico-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 intonaci: 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.

5569
PROGRAMMAZIONE DELLO SVILUPPO E DELL'ASSETTO DEL TERRITORIO
Docente: **Alberto Corlaita** prof. straord.

L'ambito disciplinare nel quale il corso 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, il corso si propone di analizzare il ruolo e il contributo delle tecniche dell'urbanistica utili a stabilire un rapporto tra problemi dell'organizzazione programmatoria dello sviluppo e problemi di realizzazione dello spazio insediativo, in una prospettiva di mutua interazione.

Contenuti e programmazione del corso

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.

5570
STORIA DELL'ARCHITETTURA E DELL'URBANISTICA
Docente: **Leonardo Lugli** prof. ord. (inc.)

Cenni su:

– *il mondo antico*: Patrimonio tecnologico, organizzazione territoriale, modo di produzione; elaborazione architettoniche ed esperimenti urbanistici nell'antichità classica.

– *Medio Evo e 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.

Programma

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 poteri e dell'organizzazione sociale. Evoluzione degli insediamenti umani.

Trasformazione delle categorie di spazio, territorio, città, comunità, società. Committenza 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.

5572

TECNICA ED ORGANIZZAZIONE DEI CANTIERI

Docente: **Francesco Spina** prof. ass.

Programma

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 economici-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 approvigio-

namenti, 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 cantiere 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 tecnichedi 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.

5571

TECNICHE DI ANALISI TERRITORIALE

Docente: **Piero Secondini** prof. ass.

Finalità e collocazione del corso

Il corso si colloca in un ambito disciplinare statistico-matematico ed intende fornire elementi per la determinazione di un corretto campo di applicazione delle tecniche quantitative nella pianificazione territoriale, alle diverse scale.

In stretta integrazione con i corsi di: Complementi di tecnica urbanistica e di Programmazione dello sviluppo e dell'assetto del territorio, il corso si orienta, pertanto, alla definizione delle basi concettuali dell'analisi territoriale ed ai conseguenti sviluppi operativi applicabili alla pianificazione del territorio.

Il corso affronta quindi metodi e tecniche che consentono:

a) la conoscenza del territorio (come stato e come processo);
b) la formulazione di schemi interpretativi in base alle conoscenze acquisite;
c) la messa a punto di procedure e tecniche specifiche per la trasformazione del territorio.

Contenuti ed articolazione del corso

1. *Metodo scientifico, teorie e modelli nell'analisi territoriale*

1.a Il concetto ed il ruolo di teoria e modelli nelle scienze matematiche, naturali e sociali.
1.b Il rapporto fra teoria e modelli nell'analisi spaziale.
1.c Il significato ed il ruolo dei modelli nel processo di pianificazione.

2. *Assunzioni teoriche e modelli operativi in urbanistica*

2.a Descrizione, valutazione e confronto dei contributi fondamentali, per la formazione di una teoria dei fenomeni territoriali.
2.b Elementi per l'individuazione ed il trattamento sistematico delle variabili territoriali; discussione dei rapporti con le variabili economiche.
2.c Elementi per la progettazione e l'uso dei modelli.

3. *Alcuni richiami di statistica e di matematica*

4. *Problemi di classificazione nell'analisi spaziale*

4.a Tecniche di classificazione dell'uso dei suoli.
4.b Alcune tecniche statistiche per la classificazione (cluster anlysis, analisi fattoriale etc.)

5. *Problemi di previsione*

5.1 Modelli lineari: esempi ed applicazioni
5.2 Modelli non lineari elementari (i modelli esponenziali ed i modelli asintotici): esempi ed applicazioni.
5.3 I modelli probabilistici: esempi ed applicazioni.

6. *Problemi di interazione spaziale*

6.1 Modelli gravitazionali: derivazioni ed applicazioni.
6.1.a Alcuni esempi ed applicazioni nel campo dei trasporti.
6.2.a Alcuni esempi ed applicazioni nel campo dei servizi.
6.2 Modelli di "opportunità".
6.3 Modello Lowry: discussione dell'utilità e dei limiti di un modello complessivo.

7. *Problemi di ottimizzazione*

Determinazione dei campi di applicazione dei modelli di ottimizzazione nell'ambito della pianificazione territoriale.

8. *Confronto critico fra realtà urbana e territoriale ed utilizzazione dei modelli.*

Criteri per la determinazione di una normativa di trattamento delle variabili territoriali in rapporto allo stato attuale delle conoscenze, con particolare riguardo all'integrazione fra la programmazione economica e la pianificazione territoriale.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE (SEZ. IDRAULICA) 2009

Programmi delle materie di insegnamento

02
AERODINAMICA
Docente: **Giambattista Scarpi** prof. ord.

(v. Corso di laurea in Ingegneria meccanica).

6805
COMPLEMENTI DI IDROLOGIA
Docente: **Ezio Todini** prof. ord. (supplente)

Programma

Complementi di calcolo delle probabilità e di statistica. Metodi di stima dei parametri. I principali test statistici. Teoria della regressione lineare. Complementi di teoria dei valori estremi. Stime Bayesiane. Teoria delle decisioni. Valutazione dei costi attesi. Modelli matematici: a) modelli di generazione dei deflussi che rappresentano i principali fenomeni del ciclo idrologico (evaporazione, infiltrazione, ruscellamento, etc.); b) modelli di previsione delle piene; c) modelli di propagazione delle piene in alveo (Routing); d) modelli di falda.

4125
CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI
Docente: **Alberto Bucchi** prof. ord. (inc.)

Programma

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 durevolezza, 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 precompresse, verifica di stabilità, dimensionamento delle opere di difesa.

Testi consigliati:

CAMBEFORT, *Iniection des sols.*
COLOMBO, *Geotecnica.*

2015
CONTROLLI IDRAULICI E PNEUMATICI
Docente: **Antonello Rubatta** prof. ord. (inc.)

Programma

Apparati di controllo e loro classificazione in base allo scopo, alle modalità di intervento, ed ai mezzi impiegati. Requisiti dei fluidi intermediari. Gruppi di alimentazione: pompe, filtri, accumulatori. Sistemi di trasmissione: condotte e loro comportamento in regime permanente ed in regime vario. Valvole: strutture impiegate: tipi particolari per fluidi allo stato liquido e per fluidi allo stato gassoso. Motori rotativi e motori lineari. Caratteristiche esterne dei vari componenti e valutazione dei relativi parametri differenziali. Tecnica della controreazione. I sistemi di controllo di impiego più frequente. Dimensionamento di massima dei singoli organi componenti. Metodi per l'analisi del comportamento dinamico in campo lineare: oscillazioni libere, criteri di stabilità, risposta armonica. Gli automatismi più diffusi. Tipi speciali di valvole. Interventi in sequenza. Problemi di sincronizzazione. Funzioni logiche fondamentali; componenti logici con parti mobili; componenti fluidici. Circuiti temporizzatori. Metodi di sintesi per i circuiti logici. Criteri di progetto per un automatismo.

206
COSTRUZIONI IDRAULICHE
Docente: **Bruno Poggi** prof. ord.

Programma

Le opere di invaso e derivazione per usi multipli: approvvigionamento idropotabile industriale, irriguo.

Richiami di idrologia superficiale con particolare riguardo alle derivazioni d'acqua con e senza regolazione dei deflussi.

Problemi ambientali connessi alla costruzione di laghi artificiali.

Gli sbarramenti: dighe e traverse. Calcolo statico degli sbarramenti murari a gravità e ad arco. Criteri di progetto e norme costruttive. Dighe in materiali sciolti: in terra e in roccia. Calcoli di stabilità, criteri di progetto e norme costruttive. Manufatti idraulici di funzionamento dei laghi artificiali. Traverse fisse e mobili: calcolo statico ed idraulico. Paratoie ed organi di funzionamento delle traverse.

Manufatti di derivazione da laghi artificiali e corsi d'acqua. Sghiaiatori e dissabbiatori.

Le opere di trasporto dell'acqua.

Grandi condotte a gravità e prementi: per acquedotti e irrigazioni. Problemi idrualici connessi con particolare riguardo ai fenomeni di colpo d'ariete ed alla scelta e progetto degli organi attenuatori (valvole antiariete casse d'aria, torri piezometriche ecc. ecc.).

Opere di dissipazione di energia ed organi di regolazione per le condotte a gravità.

Centrali di sollevamento e scelta delle pompe per le condotte prementi.

Criteri di posa dei diversi tipi di condotte.

Acquedotti: qualità delle acque e dotazioni.

Opere di presa da pozzi e sorgenti. Potabilizzazione delle acque. Serbatoi e reti di distribuzione. Manufatti speciali.

Irrigazioni. Dotazioni irrigue. Metodi di distribuzione dell'acqua sul terreno. Manufatti di partizione, misura e distribuzione dell'acqua.

Costruzioni marittime e navigazione interna.

Il mare, i venti e l'azione delle onde. Porti marittimi. Opere di difesa: moli, dighe e antemurali. Manufatti per il funzionamento dei porti. Bacini da carenaggio. Vie d'acqua interne. Natanti. Conche di navigazione, porti fluviali.

Testi consigliati

F. CONTESSINI, *Dighe e traverse*, Tamburini Milano.
G. EVANGELISTI, *Costruzioni idroelettriche*, vol. I (Dighe e traverse) Patron.
H. PRESS, *Talsperren*, Ed. Verlag, Berlino.
DEGREMONT, *Memento Technique de l'eau*, Ed. Degrémont Suresnes.
BABBITT and DOLAND, *Water Supply Engineering*, McGraw-Hill, New York.
G. DI ROCCO, *Le irrigazioni dei terreni*, Ed. Agricole, Bologna.
F. ARREDI, *Costruzioni idrauliche*, Utet, Torino.
G. FERRO, *Costruzioni marittime*, CEDAM, Padova.
G. FERRO, *Navigazione interna*, CEDAM, Padova.

2014
COSTRUZIONI MARITTIME E FLUVIALI
Docente: **Filippo Zoccoli** prof. ord. (inc.)

Programma

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.

4131
DIFESA E CONSERVAZIONE DEL SUOLO
Docente: **Alberto Bizzarri** prof. ass.

Programma

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

Ministr. Ric. Scient. e Tecn., *Prima relazione sulla situazione ambientale del paese*, 1973.
Commiss. intermin. per lo studio della sist. idr. e della difesa del suolo, *Relazione conclusiva, (1970) ed Atti (1974).*
Soc. Hydrotecnique de France - X Journées de l'Hydraulique, *La prevision des soues*, 1968.
Min. agr. e for, *Opere per la correzione dei torrenti*, Collana verde 29-1972.
SCHNAB ed altri, *Elementary soil and water engineering*, Wiley 1971.
VELZ, *Applied Stream Sanitation*, Wiley 1970.

Per sostenere l'esame è indispensabile la conoscenza della Scienza delle costruzioni e dell'Idraulica. Si consiglia di frequentare con assiduità le lezioni, delle quali vengono forniti agli studenti gli appunti.

5566
IDRAULICA FLUVIALE
Docente: **Alberto Lamberti** prof. ord. (inc.)

Finalità del corso:

fornire i mezzi per una interpretazione razionale della evoluzione di un corso d'acqua, visto come corrente, in equilibrio dinamico con il letto mobile;
fornire i fondamenti idraulici per lo studio della evoluzione degli inquinamenti.

Programma

– Formazione ed evoluzione dei deflussi e delle piene. Pioggia, evaporazione, infiltrazione, deflussi superficiali e profondi. Complementi di idraulica per le correnti a pelo libero in moto vario. Modelli di formazione dei deflussi e delle piene.

– Idraulica delle correnti in alveo alluvionale. Caratteristiche dei sedimenti. Inizio del movimento, instabilità dell'interfaccia piano, ripples, dune antidune, instabilità dell'asse rettilineo, meandri, scabrezza e resistenza al deflusso in canale alluvionale. La portata solida: formule per il trasporto al fondo e trasporto in sospensione. Le equazioni dell'idraulica delle correnti alluvionali, linee caratteristiche e zone di influenza. Metodi di misura del trasporto solido. Materiali coesi, isteresi nel cielo erosione deposito. Trasporto di materiali granulari e polverulenti in condotte. Movimento di sedimenti da parte delle onde: alcuni elementi di teoria delle onde, modelli di movimento dei sedimenti, il profilo della spiaggia, correnti di riva e trasporto longitudinale, classificazione dei sedimenti, forme del fondo e della costa.

– Diffusione e trasporto di particelle

Diffusione a seguito di movimento casuali, dispersione per convenzione differenziale. Evoluzione di inquinamenti passivi, inquinanti dinamicamente attivi, il cuneo salino e correnti di densità.

Propedeuticità consigliate: Idraulica, Idrologia e idrografia.

Testi consigliati:

G. SUPINO, *Le reti idrauliche.*
J. LEBRETON, *Hydraulique fluviale.*
A.J. RAUDKIVI, *Loose Boundary Hydraulics.*
M.S. YALIN, *Mechanics of sediment Transport.*

Appunti per il corso

496
IDROLOGIA E IDROGRAFIA
Docente: **Pietro Guerrini** prof. ord.

Programma

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 ietogrammi e degli idrogrammi, i coefficienti di correzione.

Lo studio e la previsione delle piogge. Elaborazione ed inquadramento dei dati sperimentali grezzi: la costruzione e la utilizzazione delle linee segnalatrici di possibilità climatica. La previsione dei pluviogrammi secondo il loro grado di rischio.

Testi consigliati

G. EVANGELISTI, *Impianti Idroelettrici.*
G. REMENIERAS, *L'hydrologie de l'ingénieur.*
M. ROCHE, *Hydrologie de surface.*
Pubblicazioni del Servizio Idrografico.
G.P. DORE, *Appunti per il Corso di Metodi di osservazione e misura.*
P. GUERRINI, *I metodi di trasformazione applicati all'Idrografia.*
Appunti per il Corso.

Tesi di Laurea

- Trasferimento semiautomatico degli archivi idrografici su calcolatori.
- Studio sistematico dei coefficienti istantanei di deflusso.
- Metodologie di raccolta, archiviazione e lettura dei dati.
- Elaborazioni su calcolatori automatici.
- Indagini preliminari al progetto delle opere idrauliche.

5691
IMPIANTI IDRAULICI
Docente: **Filippo Zoccoli** prof. ord.

Programma

1) Bonifiche idrauliche; descrizione e caratteristiche fondamentali dei metodi principali di bonificazione; definizione dei parametri idraulico-colturali. Calcolo delle reti di scolo: elaborazione dei dati pluviometrici; linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, loro costruzione, significato e utilizzazione; formazione delle portate e coefficienti di deflusso. Metodi per il calcolo delle portate massime: metodo cinematico e formule per il tempo di corrivazione; metodo del volume di invaso. Manufatti correnti e speciali: tipi di canali, rivestimenti, problemi costruttivi; salti di fondo; botti sifone: calcolo idraulico e analisi dei carichi statici. Impianti idrovori: dimensionamento idraulico del macchinario; problemi costruttivi e di gestione.

2) Fognature urbane; scopi e sistemi di canalizzazione. Progetto delle reti: metodi per il calcolo delle portate nere e delle massime portate pluviali; organizzazione delle reti; tipi di condotti per fognature nere e miste: elementi per il dimensionamento idraulico e statico. Manufatti correnti nelle reti: pozzetti e confluenze; opere speciali: salti di fondo, sfioratori, pozzetti di lavaggio e loro dimensionamento idraulico; impianti di sollevamento per acque di fogna e relativi problemi di installazione e di esercizio. I trattamenti depurativi; caratteristiche dei liquami domestici e industriali; necessità della depurazione in relazione al recapito in corpi d'acqua naturali; standards di accettabilità per le acque di scarico; legislazione vigente; tipi e caratteristiche specifiche dei diversi procedimenti epurativi e loro campi di applicazione; elementi costitutivi degli impianti; il problema degli scarichi a mare.

3) Impianti idroelettrici: definizioni e classificazioni; elementi costitutivi. Le opere di presa e di adduzione delle acque; canali e gallerie di derivazione: tracciato, problemi di dimensionamento, di costruzione ed economia; tipi costruttivi; manufatti speciali: sifoni, ponti-canale, ponti-tubo. Pozzi piezometrici: scopo, tipi funzionali; calcolo delle oscillazioni di massa. Condotte forzate: tipi principali; dimensionamento; calcolo idraulico in moto permanente e vario; calcolo statico; manufatti e pezzi speciali; blocchi d'ancoraggio, valvole, diramazioni, passi d'uomo. Centrali idroelettriche: tipi e classificazioni; caratteristiche funzionali delle macchine idrauliche; scelta del tipo e del numero di unità e loro installazione; regolatori di velocità; scarichi sincroni e tegoli deviatori. Regolazione degli impianti: il problema della stabilità della regolazione; risultati di base e cenni sui problemi dell'interconnessione delle reti. Elementi costitutivi degli impianti di rivalutazione dell'energia.

Esercitazioni pratiche sulle principali parti del Corso; visite didattiche a impianti in costruzione e in esercizio.

Testi consigliati

Appunti manoscritti (class notes)
SUPINO, *Reti Idrauliche.*

ONGARO, *Reti di Bonifica.*
IPPOLITO, *Appunti di Costruzioni idrauliche.*
EVANGELISTI, *Impianti Idroelettrici.*

Tesi di Laurea
- Reti di bonifica
- Reti di fognatura
- Impianti idroelettrici e di rivalutazione dell'energia.
- Manufatti e impianti speciali (Idrovore, botti-sifone, impianti di sollevamento, scaricatori di piena per fognature, impianti di trattamento delle acque di fogna, impianti reversibili).
- Problemi ambientali connessi con le voci di cui sopra.

Materie indispensabili per lo svolgimento delle tesi
- Gruppo idraulico
- Tecnica delle Costruzioni
- Geotecnica e Tecnica delle fondazioni.

690
MECCANICA DEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI
Docente: **Giulio Cesare Borgia** prof. ass.

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Mineraria)

2013
MISURE E MODELLI IDRAULICI
Docente: **Fausto Lazzari** prof. ass.

Finalità del corso

Principalmente:
- istruire sugli strumenti e metodi di misura di grandezze che intervengono in fenomeni idraulici;
- istruire sui problemi e sulle basi teoriche per lo studio sperimentale su modello di fenomeni idraulici.

Programma

Nozioni generali sulle misure. Definizione delle principali unità di misura. Strumenti e metodi di misura di grandezze che intervengono in fenomeni idraulici (tempo, temperatura, livello, volume, massa volumica, velocità, portata, viscosità, pressione, eccetera). Misure sistematiche: loro organizzazione e interpretazione. Telemisure. Tecniche di acquisizione ed elaborazione dei dati.

La similitudine meccanica. Similitudine meccanica parziale. Modelli analogici. Modelli specifici per i moti in pressione. Modelli di correnti lineari a pelo libero.

Modelli di moti ondosi. Modelli di moti di filtrazione. Modelli di correnti di densità. Simulazioni di fenomeni che comportano modellamento del fondo per azioni di correnti permanenti o di moti ondosi.

Propedeuticità consigliata: Idraulica.

Testi consigliati:

U. PUPPINI, *Idraulica*, Zanichelli 1947.
M. FAZIO, *Manuale delle unità di misura*, ISEDI, Milano 1973.
A.T. TROSKOLANSKI, *Théorie et pratique des mesures hydrauliques*, Dunod 1962.

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

Tesi di Laurea di indirizzo sia teorico che applicativo.

5567
PIANIFICAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE
Docente: **Ezio Todini** prof. ord.

Programma

- Analisi regionalizzata dei dati idrologici.
- Metodi di ricostruzione dei dati mancanti.
- Stima della domanda d'acqua.
- 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, miste, intere e Booleane) e sue applicazioni.
- Analisi delle serie storiche.
- Modelli di serie temporali.
- La simulazione stocastica.

Testi consigliati:

PETER S. EAGLESON, *Dynamic Hydrology*, McGraw-Hill Book Company – New York 1970.
P. A.P. MORAN, *The Theory of Storage*, Wiley & Sons Inc – New York 1959.
A. MASS, ed altri, *Design of Water-Resource Systems*, Harvard University Press Cambridge – 1972.
I. REMSON, G.M. HORNEBERGER, F. J. MOLZ, *Numerical Methods in Subsurfa ce Hydrology*, John Wiley – New York 1971.
NATHAN BURAS, *Scientific allocation of water resources*, Elsevier, New York 1972.
RAY K. LINSLEY, JOSEPH B. FRANZINI, *Water-Resource Engineering*, McGraw-Hill, New York 1964.

1019
TECNICA DEI SONDAGGI
Docente: **Giovanni Brighenti** prof. ord.

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Mineraria)

5705
TECNICA DELLA PROGETTAZIONE IDRAULICA
Docente: **Sandro Artina** prof. ass.

Programma

Coordinamento della progettazione degli impianti idraulici nel loro complesso in funzione dei fattori ambientali, tecnologici, economici e gestionali.

Analisi delle varie possibili soluzioni e criteri di scelta tecnico-economici.

Elaborazione completa dei progetti di massima ed esecutivi (compresa la parte amministrativa: analisi prezzi, computi estimativi, capitolati e contratti).

Progetti di fattibilità di complessi di opere.

Tecnologie costruttive ed organizzative dei cantieri.

Programmazione ed esecuzione dei lavori.

Collaudi e perizie.

Aspetti tecnici ed economici della gestione degli impianti idraulici.

Legislazione vigente.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE (SEZ. TRASPORTI) 2010

Programmi delle materie di insegnamento.

1956

COMPLEMENTI DI TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI

Docente: **Giancarlo Foresti** prof. ass.

Finalità del corso. Il Corso indica i criteri di scelta per la progettazione funzionale di 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.

Programma

1) *Problemi generali preliminari* - Richiami di tecnica ed economia dei trasporti. Cenni di meccanica della locomozione. Le reti e gli elementi di base (nodo e linea).

2) *I sistemi di trasporto* - Sistema stradale e ferroviario. Linee, nodi, reti. Capacità degli elementi dei sistemi. Veicoli e loro caratteristiche in relazione al servizio richiesto. Regolazione del traffico stradale mediante impianti semaforici. Studio e dimensionamento di massima di un sistema semaforico stradale. Cenni sulla circolazione ferroviaria.

3) *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.

a) *Parcheggio multipiano per autovetture*: criteri di dimensionamento, deposito delle auto, modalità di esercizio; soluzioni costruttive.

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.

Esercitazioni

Progetto di massima di un impianto di trasporto.

Propedeuticità: Tecnica ed economia dei trasporti.

Testi consigliati:

M. MATASSA, *Le caratteristiche funzionali degli autoveicoli da trasporto*, Pàtron, Bologna.
M. MATASSA, *Il progetto di massima delle autostazioni passeggeri*, Pàtron, Bologna.
Pubblicazioni indicate dal docente.

Esami orali: è richiesta al candidato la presentazione e la discussione della esercitazione scritta svolta in aula durante lo svolgimento del corso.

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

2011
TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE
Docente: **Giannino Praitoni** prof. ass.

Finalità del corso: fornire i fondamenti concettuali e la conoscenza delle tecniche indispensabili, per la formulazione di un Piano dei Trasporti in un qualunque ambito territoriale (studio e valutazione dei sistemi di trasporto e loro organizzazione nel territorio).

A completamento vengono poi illustrati i principali concetti riguardanti le caratteristiche funzionali della rete stradale ed alcuni strumenti matematici di largo impiego nel settore dei trasporti.

Programma

La pianificazione dei trasporti

Considerazioni preliminari sul problema generale dei trasporti. Richiami sui processi di studio dei problemi di trasporto. Motivazioni, principi, metodi della pianificazione territoriale dei trasporti. Livelli spaziali e temporali di pianificazione: piani urbani, metropolitani, regionali.

Articolazione del piano dei trasporti

– Studio dello stato attuale: analisi dell'ambiente, della popolazione e degli insediamenti come fattori generatori di movimenti di persone e merci; determinazione dello stato di mobilità: tecniche e programmi di indagine per la conoscenza dei movimenti di persone e merci; caratterizzazione e utilizzazione dei sistemi di trasporto esistenti.
– Previsioni ed ipotesi alternative di sviluppo dell'assetto territoriale e del sistema dei trasporti.
– Formulazione di modelli per la previsione dello stato futuro di mobilità, basati

sulla conoscenza dello stato attuale e sulle ipotesi di sviluppo.
– Formulazione di programmi di interventi.
– Analisi di fattibilità.

Elementi di teoria della circolazione

Elementi di teoria del deflusso stradale; Parametri q, k, v, e la relazione fondamentale del deflusso (q = kv); Il concetto di velocità media; La determinazione dei parametri del deflusso.

Capacità dei sistemi di trasporto; Capacità delle strade secondo i concetti dell'Highway Capacity Manual; Concetto di livello di servizio; Capacità e livello di servizio in condizioni ideali e in condizioni reali.

Elementi di statistica e di ricerca operativa

Il problema del trasporto nella programmazione lineare. Elementi di teoria delle file d'attesa con applicazione ai trasporti.

Esercitazioni riguardanti il progetto di organizzazione di un servizio di trasporto.

Propedeuticità: Tecnica ed economia dei trasporti.

Esami orali – E' richiesta al candidato la presentazione e la discussione della esercitazione scritta svolta in aula durante lo svolgimento del corso.

Indirizzo delle tesi. Pianificazione dei trasporti a livello urbano ed extraurbano; organizzazione e regolazione del traffico.

Testi consigliati:

A. ORLANDI, *Tecnica della circolazione*, Ed. Pàtron, Bologna.
A. ORLANDI, *Principi di Ingegneria dei Trasporti*, Ed. Pàtron, Bologna.
C. BUCHANAN, *Il traffico urbano*, Ed. Pàtron, Bologna.
A. ORLANDI, *Elementi di teoria delle file d'attesa con applicazione ai trasporti*, Ed. Pàtron, Bologna.

Altre pubblicazioni saranno indicate dal Docente.

1031
TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI
Docente: **Alessandro Orlandi** prof. ord.

Finalità del corso. Introdurre i concetti fondamentali necessari alla impostazione di un qualunque problema di trasporti, sia di studio di veicolo, sia di organizzazione di un servizio, sia infine di progettazione di un sistema di trasporti territoriale. In generale quindi si porge allo studente una visione globale impostata su un metodo sistemico, rivolto separatamente o complessivamente ai veicoli, alla rete, alla organizzazione dei servizi.

Programma

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 della progettazione di impianti e per l'organizzazione dei servizi, dal punto di vista tecnico ed economico.

Studio e caratterizzazione dei sistemi di trasporto

Definizione di sistema di trasporto. Classificazione dei sistemi. Sistemi discontinui: terrestri (automobilistico, ferroviario, non convenzionale), natanti ed aerei. Sistemi continui: a trazione (a fune, a nastro, a catena) ed a compressione (tubo).

Caratteristiche dei sottosistemi sotto gli aspetti funzionale, operativo, meccanico. Funzionale: riguardante il compito assegnato al sistema. Operativo: riguardante l'adattabilità alla domanda, il livello di servizio, le prestazioni. Meccanico: riguardante gli apparati e le modalità d'uso per il sostentamento e la stabilità, la produzione della potenza motrice, la creazione della reazione di spinta, la guida e la manovrabilità.

Le reti di trasporto

Tipologia, forma e funzioni delle reti. Gli elementi della rete: rami e nodi; loro caratteristiche e funzioni.

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.
M. MATASSA, *Le caratteristiche funzionali degli autoveicoli da trasporto*, Pàtron, Bologna.
A. ORLANDI, *I veicoli cingolati*, Ed. Pàtron, Bologna.

Altre pubblicazioni saranno indicate dal docente.

Svolgimento degli esami: Prova orale — E' richiesta al candidato la presentazione e la discussione della esercitazione scritta svolta in aula durante lo svolgimento del corso.

Tesi di laurea

Pianificazione dei trasporti a livello urbano ed extraurbano. Organizzazione dei sistemi di trasporto; organizzazione e regolazione del traffico. Studio e progettazione di sistemi di trasporto e di loro particolari.

2016
TRAZIONE E PROPULSIONE
Docente: **Alessandro Orlandi** prof. ord. (inc.)

Finalità

Il corso si propone di presentare in un quadro organico generale, i problemi dei vari modi di trasporto, sia dal punto di vista dell'energia utilizzata, sia da quello delle soluzioni tecnologiche più opportune, partendo dall'analisi delle resistenze caratteristiche del moto del veicolo nel mezzo (con le eventuali infrastrutture) e valutando gli impegni dell'apparato propulsivo in relazione alle prestazioni utili del trasporto.

Programma

1) Introduzione generale ai sistemi di trasporto.
2) Trasporti di superficie sull'aderenza - Definizione ed utilizzazione della potenza massima installata - Caratteristica esterna - Problemi della trasmissione di potenza.
3) Trasporti di superficie sull'acqua - Analisi delle fondamentali resistenze di carena e determinazione delle occorrenze dell'apparato propulsivo e rispettive caratteristiche (propulsori convenzionali o particolari).
4) Trasporti aerei - Natura e generazione delle forze aerodinamiche nel volo subsonico e supersonico - Dinamica del volo - Utilizzazione della potenza propulsiva nei vari assetti e fasi del volo.
5) Veicoli di superficie non convenzionali - Sostentamento a cuscino d'aria e ad azione magnetica (elettromagnetico ed elettrodinamico) - Resistenze indotte e problemi propulsivi.

Testi consigliati:

Appunti e pubblicazioni indicate dal docente.

Esami esclusivamente orali.

Esercitazioni scritte su problemi pratici di trazione e propulsione.

Tesi di laurea

Studi e progetti di massima riguardanti più che altro gli equipaggiamenti di propulsione/trasmissione del moto sui mezzi di trasporto guidati e nella propulsione navale.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA 2002

02
AERODINAMICA
Docente: **Giambattista Scarpi** prof. ord.

Il corso ha lo scopo di fornire le nozioni necessarie per comprendere la complessa fenomenologia inerente al moto di un fluido attorno ad 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.

Il programma tratta, in via preliminare, le nozioni matematiche particolari e le nozioni generali di cinematica e dinamica dei fluidi necessarie per le applicazioni che vengono svolte nel resto del corso.

Si trattano poi problemi dinamici riguardanti moti relativi di corpi solidi e fluidi circostanti, dapprima negli aspetti che consentono di ottenere risultati interessanti anche considerando il fluido come perfetto e incomprimibile; poi passando a considerare la fenomenologia che porta alla resistenza al moto e infine gli effetti della comprimibilità agli alti valori della velocità.

Si studiano in particolare i profili alari, le schiere di profili, l'ala finita, l'elica libera e intubata, l'aerodinamica dei ventilatori elicoidali.

Per seguire con profitto il corso è consigliabile lo studio preliminare delle nozioni generali di Idraulica.

1350
ANALISI MATEMATICA I (Meccanici, Minerari, Elettrotecnici, Chimici, Nucleari)
Docente: **Garaldo Fanti** prof. inc. stab.

Finalità del corso: I corsi di analisi matematica I e II sono volti a colmare eventuali differenze nella preparaione matematica ricevuta dagli studenti nella scuola secondaria, ad abituare al ragionamento ipotetico-deduttivo e a fornire le nozioni e i metodi dell'Analisi Matematica in modo da preparare lo studente a qualunque eventuale approfondimento teorico o applicativo.

Programma

Nozioni e notazioni fondamentali della teoria degli insiemi. Relazioni e funzioni.

Relazioni d'ordine. Relazioni di equivalenza. Operazioni.

Strutture algebriche fondamentali: gruppoidi, semigruppi, gruppi, anelli, corpi e campi. Procedimento di simmetrizzazione.

Sezioni del campo razionale. Numeri reali e operazioni su di essi. Coppie di classi contigue. Estremi di un insieme di numeri reali.

Spazi metrici. Spazio R^n. Nozioni di topologia negli spazi metrici e, in particolare, in R^n.

Numeri complessi. Risoluzione delle equazioni binomie in C.

Funzioni elementari e loro grafici.

Limiti di funzioni in R^n e, in particolare, in R. Successioni di numeri reali. Operazioni sui limiti. Forme indeterminate. Limiti notevoli.

Continuità. Uniforme continuità. Proprietà delle funzioni continue.

Derivate e differenziali per funzioni di una o più variabili.

Teoremi sulle funzioni derivabili di una variabile reale (Rolle, Lagrange, Cauchy, Darboux). Regole di De l'Hospital. Derivate e differenziali di ordine superiore. Formule di Taylor e sue applicazioni: ricerca degli estremanti di una funzione. Concavità, flessi, approssimazione di una funzione mediante un polinomio.

Teoremi sulle funzioni differenziabili di più variabili. Derivate e differenziali di ordine superiore. Formula di Taylor. Matrice hessiana. Massimi e minimi relativi. Funzioni implicite. Massimi e minimi condizionati. Metodo dei moltiplicatori di Lagrange.

Integrale di una funzione limitata in un intervallo limitato di R. Condizioni di integrabilità. Proprietà dell'integrale. Funzioni primitive di una funzione. Teorema della media e corollari. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Secondo teorema della media. Integrazione per parti e per sostituzione. Integrazione delle funzioni razionali e di alcuni tipi di funzioni irrazionali e trascendenti.

Integrali generalizzati.

Altre tre ore settimanali in cui si svolge il corso si aggiungono quattro ore settimanali di esercitazioni quale parte integrante del corso stesso, nonché alcune (non meno di tre) ore settimanali per il ricevimento degli studenti desiderosi di chiarimenti e complementi.

L'*esame* consiste in una prova scritta e una orale.

Testi consigliati:

Dato il carattere istituzionale del corso, lo studente è libero di basare la propria preparazione su qualunque testo di analisi matematica a livello universitario. Tuttavia il Titolare ha redatto, per comodità e a richiesta degli studenti, un testo di appunti di *Analisi matematica* (ed. Pitagora – Bo), contenente un programma minimo necessario alla preparazione dell'esame. Si consigliano inoltre per le esercitazioni, i volumi:

V.E. BONONCINI-G. FANTI, *Esercitazioni di Analisi matematica*, vol. I (ed. Cedam – Padova).

V.E. BONONCINI, *Esercitazioni di Analisi matematica*, vol. II (ed. Cedam, Padova).

A. MALAVOLTA, *Esercizi di Analisi matematica*, Ed. Coop. Culturale T.P. Bologna.

1354
ANALISI MATEMATICA II (per Meccanici, Elettrotecnici, Chimici, Minerari, Nucleari)
Docente: **Enrico Obrecht** prof. ord.

Scopo del corso: Fornire gli strumenti analitici di base necessari nello studio di discipline scientifiche e tecniche.

Programma

Limiti, continuità e calcolo differenziale per funzioni reali e vettoriali di più variabili reali. Il caso delle funzioni complesse di una variabile complessa. Estremi relativi liberi e vincolati di funzioni reali di più variabili. Funzioni implicite. Geometria differenziale delle curve e superficie di R^3.

Successioni e serie di funzioni. Serie di potenze. Serie di Taylor. Serie di Fourier.

Misura di Peano-Jordan in R^n. Integrali multipli. Cambiamento di variabili negli integrali multipli. Integrali multipli generalizzati. Integrali dipendenti da un parametro.

Lunghezza di una curva in R^n. Integrali curvilinei. Integrali complessi. Area di una superficie in R^3. Integrali di superficie. I Teoremi di Green, Gauss e Stokes.

Il problema di Cauchy per le equazioni differenziali ordinarie. Prolungabilità della soluzione locale. Equazioni e sistemi differenziali lineari. Equazioni differenziali lineari a coefficienti analitici.

Testi consigliati:

Sono disponibili delle dispense del corso. Inoltre:
GIUSTI, *Analisi Matematica*, vol. II, Boringhieri.
CHILOV, *Analyse Mathématique. Fonctions de plusieurs variables*, Mir.
COURANT - JOHN, *An Introduction to Calculus and Analysis*, vol. II, Wiley.

4117
ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI
Docente: **Alessandro Freddi** prof. ord.

Il corso si colloca fra quelli di Costruzione di macchine e di Progetti di macchine, con lo scopo di fornire strumenti non convenzionali di ausilio alla progettazione di componenti di macchine e di componenti strutturali di impianti per mezzo dell'impiego di dati dedotti sperimentalmente da modelli in scala o da prototipi. Il corso tratta anche alcuni aspetti di modellazione numerica di strutture e dei relativi metodi di calcolo.

Il corso tratta in particolare i seguenti argomenti:
- Principali tecniche sperimentali di analisi delle tensioni (fotoelasticità, estensimetria, lacche fragili, interferometria);
- Analisi sperimentale delle tensioni e sua influenza sulla progettazione meccani-

ca: nell'avamprogetto e nelle prove su prototipo;
- Applicazione dell'analisi sperimentale delle tensioni allo studio del comportamento dei materiali: tecniche sperimentali nella meccanica della frattura;
- Metodi numerici di analisi delle tensioni: il metodo degli elementi finiti nell'inquadramento delle prove sperimentali.

Per seguire il corso sono necessarie le conoscenze di Scienza delle costruzioni, Costruzione di macchine, Misure meccaniche.

6462
CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE
Docente: **Antonio Natali** prof. inc.

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Chimica).

1358
CHIMICA (per Meccanici e Minerari)
Docente: **Lucedio Greci** prof. ass.

Finalità del corso

Introdurre le nozioni necessarie per la conoscenza della struttura atomica e molecolare della materia, in relazione alle proprietà chimiche e chimico-fisiche dei materiali solidi 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.

Programma

Parte I — Struttura macroscopica e microscopica dei sistemi chimici: struttura atomica della materia; struttura del nucleo e radioattività; orbitali; configurazioni elettroniche degli atomi e sistema periodico; legame chimico.

Parte II — I tre stati di aggregazione della materia: lo stato gassoso; lo stato liquido: le soluzioni elettrolitiche e loro proprietà; lo stato solido: i cambiamenti di stato e i diagrammi di stato.

Parte III — Reazioni chimiche: leggi classiche delle combinazioni chimiche; reazioni di ossido riduzione; concetto di equivalente; energia interna ed entalpia. Termochimica. Equilibrio chimico; legge dell'azione di massa; equilibri ionici in soluzione acquosa; acidi; basi; pH; soluzioni tampone; idrolisi; elettroliti anfoteri; equilibri eterogenei; prodotti di solubilità. Cinetica delle reazioni chimiche. Elettrochimica; pile; potenziali elettrodici; serie elettrochimica dei potenziali standard; accumulatori.
ca dei potenziali standard; accumulatori.

Parte IV — Gli elementi chimici: metalli alcalini; alcalino-terrosi; elementi del terzo e quarto gruppo (B, Al, C, Si, Sn, Pb); elementi del quinto e sesto gruppo (N, P, O, S); alogeni ed alcuni elementi di transizione. Elementi di chimica organica.

Il corso comprende anche esercizi e calcoli numerici (stechiometria, leggi di Faraday, termochimica, equilibri chimici, pH, solubilità e prodotto di solubilità, idrolisi).

Testi consigliati:

1) P. CHIORBOLI, *Fondamenti di Chimica*, Ed. UTET, 1976.
2) B.H. MAHAN, *Chimica Generale ed Inorganica*, Ed. Ambrosiana, 1971.
3) R. BRESCHI e A. MASSAGLI, *Stechiometria*, Ed. G. Pellegrini, 1973.

Svolgimento degli esami: Discussione orale di argomenti svolti nel corso e risoluzione di un problema di stechiometria.

92
CHIMICA APPLICATA (per Meccanici e Minerari)
Docente: **Vasco Passalacqua** prof. ass.

Finalità del corso

Formare nell'allievo la capacità di applicare le cognizioni scientifiche apprese nel corso di Chimica, ai particolari problemi tecnici che l'ingegnere meccanico può incontrare nello svolgimento della professione. Questa formazione viene realizzata mediante lo studio dei materiali, correlandone le caratteristiche chimiche e chimico-fisiche con le proprietà meccaniche, termiche e di lavorabilità, esaminando inoltre le possibilità di intervenire sulle loro strutture per renderli più confacenti all'uso.

Programma

Le acque: proprietà chimiche e fisiche e trattamenti per renderle atte all'alimentazione di caldaie, all'impiego nei circuiti di raffreddamento ed alla loro immissione nell'ambiente dopo la utilizzazione.

Combustibili: studio della combustione e dei principali combustibili naturali ed artificiali.

Lubrificanti: oli e grassi lubrificanti.

Materiali ferrosi: studio delle strutture e dei cambiamenti strutturali delle leghe ferro-carbonio in relazione alle loro caratteristiche meccaniche.

Corrosione dei metalli: studio della corrosione umida e della corrosione secca dei metalli e dei metodi di protezione.

Materie plastiche ed elastomeri: caratteristiche chimiche e fisiche e cenni sui metodi di produzione e lavorazione delle materie plastiche e delle gomme di uso comune.

Materiali refrattari: classificazione e caratteristiche.

Leganti aerei ed idraulici: calci e cementi e loro impiego nella confezione di malte e conglomerati cementizi.

Propedeuticità consigliate: Chimica.

Testi consigliati:

1) Appunti del Corso.
2) GIRELLI, *Trattato di Chimica Ind. ed Applicata*, Zanichelli, Bologna.
3) BIANCUCCI - DE STEFANI, *Il trattamento delle acque per uso industriale*, Hoepli, Milano.
4) BIANCHI - MAZZA, *Fondamenti di corrosione e protezione dei metalli*, Tamburini.
5) *Struttura e proprietà dei materiali*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, Vol. II — *Termodinamica strutturale*. Vol. III, *Proprietà meccaniche.*

Svolgimento degli esami

L'esame è costituito da una prova scritta integrata da un colloquio.

La prova scritta consiste nella discussione di un problema pratico e di due serie di quesiti attinenti il programma svolto.

Indirizzo delle tesi

Applicativo, in particolare con riferimento alla scelta ed al dimensionamento di massima di specifici processi.

4120

CICLI DI FABBRICAZIONE

Docente: **Paolo Bariani** prof. inc.

Programma

Parte prima — Concetti generali sul ciclo di fabbricazione e sul sistema produttivo

Il sistema di fabbricazione: obiettivi e componenti di un sistema di fabbricazione; il sistema di fabbricazione integrato.
Concetti fondamentali sul sistema produttivo.
Classificazione delle operazioni nel processo di fabbricazione. Cenni su diverse strategie finalizzate all'aumento della produttività nelle operazioni di fabbricazione.
Elementi di analisi economica del processo produttivo.

Parte seconda — L'automazione rigida e programmabile nei processi di fabbricazione

L'automazione rigida nei processi di fabbricazione

Obiettivi dell'automazione.
Configurazione delle stazioni di lavoro negli impianti di fabbricazione automatizzati.
Analisi delle linee di flusso automatizzate: valutazione di produttività e rendimento di una linea con e senza magazzini intermedi.
Il problema del bilanciamento delle linee di produzione.

L'automazione programmabile nei processi di fabbricazione

Il controllo numerico nei sistemi di fabbricazione.
La programmazione di una macchina controllata numericamente: programmazione manuale ed assistita dal calcolatore.
Estensioni del controllo numerico: controlli DNC; controlli CNC; controlli adattativi; cenni sui robots industriali.

Parte terza – L'elaboratore nel sistema di fabbricazione

Concetti generali sull'elaboratore.
L'interfaccia tra elaboratore e processo. Elementi di programmazione di un elaboratore di controllo.
Organizzazione degli elaboratori nel sistema di fabbricazione.
Acquisizioni di informazioni ('data') sul sistema di fabbricazione con l'elaboratore.
Il controllo di tipo digitale e diretto (DDC) nella regolazione dei processi di fabbricazione.
L'impiego dell'elaboratore nella supervisione di un sistema di fabbricazione: modello di processo di fabbricazione, strategie di supervisione.
Il controllo ottimale di tipo stazionario: elementi di programmazione lineare.
Il controllo ottimale di tipo adattativo: funzioni del CA; affidabilità del CA; cenni sulle tecniche di regressione.
Strategie di controllo ottimale senza modello di identificazione del processo: metodi del gradiente.
Esempi applicativi.
Esercizi.

Parte quarta – Analisi delle alternative nel processo di fabbricazione

Analisi delle alternative nelle lavorazioni per asportazione di truciolo

Analisi economica delle lavorazioni per asportazione di truciolo: fattori di costo e condizioni economiche di taglio.
Procedure di calcolo dei valori effettivi dei parametri di taglio e stesura del piano completo di lavorazione: aspetti matematici del problema.

Analisi alternative nelle lavorazioni per deformazione plastica

Analisi economica delle lavorazioni per deformazione plastica: influenza del materiale e dei principali parametri di lavorazione sul costo di fabbricazione.
Elementi di economia energetica nelle lavorazioni per deformazione plastica.
Scelta dei parametri nelle lavorazioni per deformazione plastica di lamiere e semi-

lavorati tozzi sulla base delle caratteristiche di lavorabilità del materiale.
Cenni di disegno e progetto automatico delle preforme.

Considerazioni economiche sull'acquisto di macchine utensili

Gli investimenti come problema di convenienza economica.

Parte quinta – La tecnologia di gruppo e i sistemi di fabbricazione flessibili

Le famiglie di pezzi: scopi della classificazione dei pezzi, classificazione e codifica dei pezzi, rilevamento ed interpretazione dei dati; criteri di raggruppamento delle macchine utensili in celle; risultati ottenibili con la classificazione dei pezzi. Discussione di alcuni esempi.
I sistemi di fabbricazione flessibili: definizione di FMS, impiego di FMS; descrizione dei componenti e del sistema di controllo dei FMS.
Sviluppo dei FMS: la fabbrica completamente automatizzata.
Presentazione di alcune realizzazioni di FMS.

Testi consigliati:

HALEVI G., *The Role of Computers in Manufacturing Processes*, J. Wiley, New York, 1980.
GIACOMAZZI F., *Pianificazione ed esercizio dei processi industriali*, CLUEB, Bologna, 1979.
GROOVER M.P., *Automation, Production Systems and Computer-Aided Manufacturing*, Prentice Hall, New Jersey, 1980.
PRESSMAN R.S., WILLIAMS J., *Numerical Control and Computer-Aided Manufacturing*, J. Wiley, New York, 1977.

Durante lo svolgimento del corso verranno preparate dispense.

Gli esami constano di una prova orale.

Indirizzo delle tesi: ottimizzazione del ciclo costruttivo di pezzi e gruppi.

2022
COMPLEMENTI DI COSTRUZIONE DI MACCHINE
Docente: **Gianluca Medri** prof ass.

Il corso si propone lo scopo di fornire allo studente metodi generali di progettazione più accurati di quelli usuali e approfondimenti sull'utilizzazione di materiali non metallici nelle costruzioni meccaniche.

Il corso è articolato in tre parti:

Meccanica dei continui: Teoria dell'elasticità finita (con cenni di calcolo tensoriale) e lineare (materiale isotropo ed anisotropo). - Teoria della viscoelasticità lineare e non lineare. - Effetti termici in campo elastico e viscoelastico.

Caratteristiche meccaniche dei materiali non metallici: Materiali compositi. - Materie plastiche. - Gomme ed elastomeri. - Vetri e ceramici.

Calcolo e progetto di componenti: Guarnizioni, molle e tubazioni in gomma. - Elementi strutturali in vetroresina e carboresina. - Giunti incollati. - Freni. - Cinghie trapezoidali e dentate.

Sono a disposizione degli studenti dispense del corso, redatte dal docente, ed una estesa bibliografia di testi specialistici riguardanti i singoli argomenti.

L'*esame* consiste in una prova scritta e nella discussione di una breve ricerca effettuata dallo studente su di un argomento a sua scelta.

Le *tesi di laurea* hanno un carattere di ricerca teorica e/o sperimentale anche a carattere di "stage" presso industrie italiane.

Propedeuticità consigliate: Scienza delle costruzioni, Costruzioni di macchine, Meccanica applicata alle macchine.

8076
COMPLEMENTI DI IMPIANTI MECCANICI
Docente: **Marco Gentilini** prof. ass.

Il corso si propone di esaminare i principi di funzionamento e gli schemi di realizzazione di impianti avanzati e di ricerca con particolare riferimento alla generazione e conversione di energia da fonti non convenzionali e alternative e alla trasformazione e utilizzazione di rifiuti e inquinanti.

Vengono forniti criteri di economia energetica dei sistemi impiantistici e tecniche di analisi degli investimenti e dei profitti negli interventi per il risparmio energetico inteso come razionale sviluppo dell'impiantistica, orientato alla minimizzazione dei consumi di materie prime a favore di fonti rinnovabili per la conservazione dell'ambiente.

Testi consigliati:

Appunti dalle lezioni rivisti e corretti dal docente; ampia bibliografia consigliata, a richiesta, durante il corso.

Esami:

L'esame consta di una prova orale e di una o più tesine facoltative, a scelta dello studente.

2018
COMPLEMENTI DI MACCHINE
Docente: **Giorgio Minelli** prof. ord.

Finalità del corso:

Oggetto del corso 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.

Programma

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 derivanti 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 o di loro componenti.

2) – Sperimentazioni su macchine o su loro componenti.

6472
COMPLEMENTI DI MECCANICA APPLICATA
Docente: **Umberto Meneghetti** prof. ord.

Il Corso si propone di approfondire alcuni argomenti di Meccanica delle macchine, di particolare interesse professionale per gli allievi ingegneri meccanici.

Programma

Dinamica e vibrazioni delle macchine: vibrazioni libere e smorzate di sistemi a uno, a due e a molti gradi di libertà; metodi numerici per lo studio delle vibrazioni di sistemi a parametri concentrati; vibrazioni transitorie; vibrazioni non lineari; vibrazioni di sistemi continui; vibrazioni casuali; analisi sperimentale delle vibrazioni; problemi di vibrazioni e rumorosità delle macchine.

Meccanica degli azionamenti: sistemi a camme (tipologia, leggi del moto, elementi geometrici, vibrazioni, particolarità costruttive); sistemi articolati (analisi e sintesi automatica, analisi dinamica, bilanciamento); ingranaggi (calcolo, vibrazioni, rumore); trasmissioni e azionamenti meccanici di altro tipo (meccanismi per moto intermittente, catene articolate, ecc.).

Nell'ambito della finalità e degli argomenti sopra esposti, alcuni dettagli del programma potranno di volta in volta venire definiti d'intesa fra il docente e gli allievi, tenendo presenti eventuali interessi particolari manifestati da questi ultimi. Agli allievi viene data inoltre la possibilità di svolgere, con l'assistenza del docente, una breve tesi su un argomento trattato nel Corso.

Propedeuticità consigliate: Meccanica applicata alle macchine, Calcolo numerico e programmazione.

Esame: consiste in una prova orale.

Tesi di laurea: prevalentemente di tipo numerico o sperimentale, sugli argomenti trattati nel Corso o su argomenti affini.

201
COSTRUZIONE DI MACCHINE
Docente: **Gustavo Favretti** 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 alcune nozioni sul comportamento meccanico dei materiali e sulla meccanica delle strutture, si sviluppano i metodi 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.

Programma

Il programma del corso comprende: una prima parte "Meccanica dei materiali" dedicata prevalentemente allo studio del comportamento volumetrico dei materiali metallici da costruzione sotto sollecitazioni semplici e composte (statiche, di fatica, creep) in campo elastico ed oltre il limite elastico con alcuni cenni anche sul comportamento superficiale. Vengono infine dati, ai fini della progettazione deterministica, criteri per la valutazione della tensione ammissibile oltre a cenni sulla progettazione probabilistica (affidabilità); una seconda parte "Meccanica delle strutture" dedicato allo studio di elementi strutturali non trattati in corsi precedenti (travi a grande curvatura, piastre circolari, gusci di rivoluzione in regime membranale) e di procedimenti numerici (metodo matriciale, metodo dell'elemento finito) e sperimentali (metodo fotoelastico, metodo estensimetrico) per la valutazione di stati di sollecitazione; una terza parte didicata allo studio del dimensionamento di organi di macchine (collegamenti ed organi di collegamento, assi ed alberi, perni e cuscinetti, ruote dentate, giunti per alberi, innesti, molle, organi dei manovellismi).

Propedeuticità consigliata: Disegno, Disegno II; Meccanica Applicata alle Macchine, Scienza delle Costruzioni, Tecnologia Meccanica.

Testi consigliati:

F. CABONI, *Costruzione di Macchine*, Ed. Pitagora, Bologna.
Appunti integrativi distribuiti dal docente
THOMAS CHARCHUT, *Ingranaggi*, Ed. Tecniche Nuove, Milano.
R. GIOVANNOZZI, *Costruzione di Macchine*, Vol. I e II Patron, Bologna.
E. MASSA, *Costruzione di Macchine*, Vol. I e II, Tamburini, Milano.
R.E. PETERSON, *Stress Concentration Factors*, Wiley, New York.

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 vari argomenti di ricerca.

5798
COSTRUZIONE DI MACCHINE AUTOMATICHE
Docente: **Gabriele Vassura** prof. ass.

Finalità del corso: 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.

Programma

E' 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); di trattare infine alcuni problemi generali di crescente importanza nella progettazione di macchine in generale e di macchine automatiche in particolare (comportamento dinamico, vibrazioni, rumorosità).

Lo svolgimento del corso 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.

199
COSTRUZIONI AERONAUTICHE
Docente: **Franco Persiani** prof. ass.

Il corso si propone di dare le nozioni fondamentali sulle macchine aeree, i loro criteri costruttivi ed i principi teorici che le governano. Esso prende dall'Aerodinamica e dalla Meccanica del volo i concetti fondamentali per la trattazione dei pro-

blemi del volo, dando una visione delle tecniche e dei metodi di calcolo strutturali e delle possibilità e limitazioni del mezzo aereo.

Programma

Il Corso si compone di una parte teorica ed una applicativa.

Nella prima vengono trattati argomenti basilari per la progettazione dei velivoli: richiami di aerodinamica applicata, strutture degli aerei, materiali, spettri di carico, teoria del semiguscio, instabilità delle strutture in pareti sottili, aeroelasticità statica a dinamica; progetto e prestazioni dei velivoli, meccanica del volo, propulsori aeronautici ed eliche; fatica e meccanica della frattura, criteri di manutenzione, norme di certificazione e collaudo.

Nella parte applicativa viene sviluppato dagli allievi, divisi in gruppi, il progetto di massima di un velivolo di cui vengono assegnate le specifiche.

Esso si articola nelle fasi di progettazione concettuale, definizione della configurazione e del layout strutturale, analisi parametriche delle prestazioni, previsione dei pesi e delle caratteristiche aerodinamiche, calcolo strutturale degli elementi principali.

Ogni gruppo di allievi ha la responsabilità primaria di un particolare aspetto della progettazione, sul modello di un ufficio tecnico di una industria aeronautica.

Propedeuticità consigliate: Aerodinamica.

Testi consigliati:

Dispense del corso.
LAZZARINO, MARINI, *Costruzioni Aeronautiche*.
LAUSETTI, *Gli aeroplani e le loro strutture*.
GABRIELLI, *Lezioni sulla scienza del progetto di aeromobili*.
GIAVOTTO, *Strutture aeronautiche*.
MEGSON, *Aircraft Structures for Engineering Students*.
CONTI, *Elementi di aerotecnica*.

L'*esame* consiste in una prova scritta ed una orale sul programma noto, preceduta da un breve colloquio interessante l'aerodinamica per gli allievi che non hanno compreso nel loro piano di studi il relativo esame.

Le *tesi di laurea* hanno carattere di progettazione o di ricerca sperimentale.

6468
DINAMICA E CONTROLLO DELLE MACCHINE A FLUIDO
Docente: **Claudio Bonacini** prof. ord. (inc.)

Nella prima parte del corso vengono illustrati, con riferimento ad alcune macchine a fluido che gli studenti già conoscono dai precedenti insegnamenti, i fe-

nomeni 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 del corso 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 del corso 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 il corso l'allievo deve essere in possesso delle nozioni fondamentali degli insegnamenti di Misure meccaniche, Macchine e Complementi di macchine.

1363
DISEGNO (per Meccanici e Minerari)
Docente: **Vincenzo Parenti Castelli** prof. ass. (inc.)

Finalità del corso:

Introdurre le nozioni necessarie per la comprensione del linguaggio comune del Disegno tecnico. In particolare si intende dare allo studente le capacità di rappresentare e interpretare correttamente particolari meccanici ed i loro accoppiamenti.

Programma

Il corso è articolato in due parti. La prima, a carattere propedeutico, è volta a dare i fondamenti geometrici che costituiscono la base concettuale per l'esecuzione e l'interpretazione di qualsivoglia disegno. Essi comprendono: costruzioni geometriche fondamentali; cenni di geometria descrittiva, con particolare rilievo per il metodo delle proiezioni ortogonali ed assonometriche; applicazione dei concetti di vera forma di superficie piane e di sviluppabilità della superficie; metodi relativi alle intersezioni e sezioni piane.

La seconda parte del corso è dedicata al disegno meccanico e tratta, in modo sistematico, norme, convenzioni e criteri generali di rappresentazione e quotatura, mettendo in luce la loro stretta relazione con le modalità esecutive e di controllo del pezzo. A questo scopo sono introdotti nel corso alcuni semplici elementi di metrologia, macchine utensili e tecnologie dei materiali; con ciò si intende fornire all'allievo le necessarie cognizioni per la corretta esecuzione e sicu-

ra interpretazione del disegno in ogni particolare meccanico. Vengono trattati inoltre, sia dal punto di vista della rappresentazione che da quello funzionale, alcuni elementi fondamentali delle costruzioni meccaniche quali: filettature, linguette, chiavette, profili scanalati e ruote dentate.

Testi consigliati:

1) E. SOBRERO, *Corso di disegno*, Voll. 1 e 2, Pitagora editrice, Bologna.
2) E. MAIFRENI, A. ZAMBONI, *Il disegno meccanico*, Voll. 1, 2 e 3, Editrice Paravia.
3) MANFE', POZZA, SCARATO, *Disegno meccanico*, Voll. 1, 2 e 3, Principato Editore.

Le *Esercitazioni* consistono nello svolgere, in parte in aula, in parte a casa un certo numero di tavole. Gli studenti sono guidati e consigliati durante le esercitazioni dal docente che provvede anche alla correzione di tutti gli elaborati.

L'*esame* è costituito da una prova grafica e da una prova orale. La prova grafica consiste nella esecuzione di uno schizzo.

Si accede alla prova d'esame previa presentazione di tutti gli elaborati svolti e corretti.

3781
DISEGNO II (per Meccanici e Minerari)
Docente: **Giordano Conti** prof. inc. stab.

Il corso 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 dalla 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 comple-

tamento del corso si esegue il disegno di una macchina elementare.

Propedeuticità consigliate: Disegno.

Testi consigliati:

UNI MI, *Norme per il disegno tecnico*.
CONTI, *Disegno tecnologico*, Pitagora.
MANFE'-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.

251
ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

Sostituito ad ogni effetto, per il corrente a.a., dall'insegnamento "*Tecnica industriale e commerciale*" (Facoltà di Economia e Commercio) (matricole pari).

6794
ELETTROTECNICA
Docente: **Raffaello Sacchetti** prof. ass.

Finalità del corso.

Il criterio ispiratore del corso è quello dell'approfondimento dei concetti e delle metodologie fondamentali riguardanti lo studio dei fenomeni elettromagnetici. Vengono in particolare evidenziati i più importanti procedimenti di calcolo dei circuiti elettrici e magnetici e viene affrontato lo studio delle macchine, con particolare riguardo ai trasformatori, alle macchine asincrone e in corrente continua, seguendo un'impostazione fondata su una logica unitaria di carattere generale. Sulla base della teoria, vengono trattate numerose questioni di considerevole interesse tecnico, fra le quali anche quelle relative agli impianti elettrici a media e a bassa tensione.

Programma

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 Kirchoff 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; rotori 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 al corso 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 del corso.

L'*esame* si articola di regola in una prova scritta ed in una prova orale.

1367
FISICA I (per Meccanici e Minerari)
Docente: **Antonio Vitale** prof. ord.

Scopo del corso è quello di presentare i principi della fisica (meccanica e termodinamica) da un punto di vista unitario e di sottolineare il più possibile che "la prova di tutte le conoscenze è l'esperimento".

Programma

Analisi vettoriale – Rappresentazione di moti – Cinematica – Fondamenti della dinamica (I, II, III principio).

Lavoro, Energia, Impulso. Moti rotatori dei corpi rigidi – Sistemi di riferimento accelerati. Definizione e misura della temperatura. 1° principio della termodinamica ed equazione di Stato dei gas perfetti: Gas reali e vapori – Gas perfetti e teoria cinetica. 2° principio della Termodinamica. Entropia. Generalità sulla conduzione e sulla propagazione del calore. Macchine termiche.

Testi consigliati:

P. VERONESI - E. FUSCHINI, *Fondamenti di Meccanica Classica*, (Ed. Cooperativa Libraria Universitaria).
M.W. ZEMANSKY, *Calore e Termodinamica*, (Ed. Zanichelli).
M. ALONSO - E.J. FINN, *Elementi di Fisica per l'Università*, Vol. 1 Meccanica (Ed. Addison-Wesley).
G. BERNARDINI, *Fisica Generale*, (Ed. Veschi).
E. FERMI, *Termodinamica*, (Ed. Boringhieri).

L'*esame* è costituito da una prova scritta e da una prova orale.

1371
FISICA II (Meccanici e Minerari)
Docente: **Antonio Vitale** prof. ord. (inc.)

Finalità del corso

Introduzione con *richiami sperimentali* delle leggi fisiche relative a Elettricità, Magnetismo, Onde, Ottica.

Programma

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 al corso 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.

Finalità del corso

Il corso 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.

Programma

Termodinamica — La termodinamica del sistema: impostazioni del problema - Richiami sul primo e sul secondo principio della termodinamica per sistemi chiusi e sulle grandezze termodinamiche - Teorema dell'aumento dell'entropia - Criteri di stabilità - 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.

Fluidodinamica e acustica — Elementi di fluidodinamica: generalità - Aspetti fisici del moto di un fluido - Viscosità - Equazioni fondamentali del moto isotermo - 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 - Onde sonore e acustica (*) - Trattazione matematica (*) - Grandezze acustiche (*) - Elementi di acustica psicofisica (*) - Elementi di acustica architettonica (*).

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 isotermo - Convezione forzata in regime laminare - Analisi dimensionale - Similitudine - Strato limite termico - Convezione forzata: casi particolari - Convezione naturale o 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.

Propedeuticità consigliate: Idraulica.

Testi consigliati:

A. COCCHI, *Termofisica per Ingegneri*, Ed. Petroni, Bologna, 1974.
AUTORI DIVERSI, *Esercizi di Fisica Tecnica*, Ed. Petroni, Bologna, n. dal 2 al 10.

L'*esame* è costituito da una prova orale riguardante sia gli argomenti teorici riportati nel programma del corso, sia alcuni tra i complementi di teoria ed i relativi esercizi che vengono svolti nel corso di esercitazioni.

L'*esame* consiste in un colloquio su tre tesi distinti e relativi alla Termodinamica, alla Termocinetica e alla Fluidodinamica e Acustica: 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 il corso.
– Indirizzo applicativo nel campo dell'acustica e della progettazione termotecnica.

5517
GENERATORI DI VAPORE

Sostituito a tutti gli effetti, per il corrente a.a., da (1059) *Termotecnica del reattore*.

(v. Corso di Laurea in Ingegneria nucleare)

1375
GEOMETRIA (per Meccanici e Minerari)
Docente: **Luigi Cavalieri D'Oro** prof. ord.

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Elettrotecnica)

6799
IDRAULICA
Docente: **Alberto Lamberti** prof. ord.

Il corso 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.

Nel corso si impartiscono, al fine delle utilizzazioni pratiche, le nozioni di meccanica tecnica dei liquidi riguardanti i seguenti argomenti: Statica dei liquidi; liquidi in equilibrio nel campo della gravità; forze idrostatiche trasmesse a pareti; equilibrio dei galleggianti. Nozioni generali di dinamica dei liquidi. Efflusso di liquidi da luci di vario tipo. Azioni di getti e vene liquide contro superficie solide. Nozioni necessarie per risolvere i problemi di deflusso di liquidi in condotti in pressione e a pelo libero; sia in regime permanente, sia in regime vario (propagazione di piccole perturbazioni nei canali; fenomeni di colpo di ariete, oscillazioni di insieme). Moti di filtrazione. Cenni di misure e modelli idraulici.

Programma

Unità di misura, omogeneità, teorema π. Costanti meccaniche dei liquidi. Equazione di continuità. Equazione del moto per mezzi continui. Idrostatica: forze idrostatiche trasmesse a pareti solide, equilibrio dei galleggianti. Azione di getti su superficie solide. Equazioni dei liquidi perfetti. Teorema di Bernoulli. Efflusso da luci a battente e a stramazzo. Esperienza di Reynolds: moto laminare e turbolento. Moto di liquidi in condotte in pressione ed in canali a pelo libero, in regime permanente ed in regime vario (propagazione di piccole onde nei canali, fenomeni di colpo d'ariete, oscillazioni d'insieme). Moti di filtrazione. Equazione dei liquidi viscosi (Navier-Stokes). Cenni sui liquidi non newtoniani. Similitudine meccanica.

Testi consigliati:

Dispense approvate dal docente.
G. SUPINO, *Idraulica*, Patron.
CITRINI-NOSEDA, *Idraulica*, Ed. Ambrosiana.
Appunti dalle lezioni del Prof. Cocchi, Cooperativa Libraria Universitaria Ed.

Esami orali.

515
IMPIANTI MECCANICI
Docente: **Sergio Fabbri** prof. ord.

Il corso 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 degli scambiatori di calore, nonchè i metodi di progettazione delle condotte. In questo ambito si considerano in particolare gli impianti frigoriferi, quelli di condizionamento e di riscaldamento ambientale, nonchè 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 il corso.

Propedeuticità consigliate: Fisica Tecnica, Meccanica applicata, Macchine, Complementi di macchine, Chimica applicata, Idraulica. Elettrotecnica, Misure meccaniche.

6541
IMPIANTI TECNICI INDUSTRIALI
Docente: **Gianfranco Coli** prof. ass.

L'indirizzo impiantistico recentemente istituito si propone di approfondire problemi tecnici ed organizzativi dell'industria. Questo corso s'inserisce in tale tematica affrontando alcuni problemi di grande attualità.

Programma

Considerazioni economiche relative agli impianti esaminati. Valore attuale, equivalente anno e periodo di recupero.

Impianti con risparmio e per il recupero d'energia. Produzione combinata d'energia elettrica e termica. Impianti integrativi a pompa di calore ed energia solare. Recuperi termici.

Impianti elettrici industriali. Cabina di trasformazione, quadro generale e linea di collegamento. Apparecchi utilizzatori, rifasamento, rendimento degli impianti e tariffe elettriche.

Impianti per il benessere degli ambienti di lavoro. Impianti di riscaldamento, climatizzazione e ventilazione. Aspirazione polveri, vapori e gas. Protezione dai rumori, contro i pericoli elettrici, antincendio. Servizio illuminazione.

Testi consigliati:

O. PIERFEDERICI, *Impianti tecnici industriali*, Pitagora Editrice, Bologna, 1982.

4022
MACCHINE
Docente: **Claudio Bonacini** prof. ord.

Il corso tratta le fonti di energia termica e convenzionale, combustibili solidi, liquidi e gassosi, la combustione ed i generatori di vapore convenzionali, utilizzanti le dette fonti di energia. Vengono anche richiamate le fonti di energia ed i generatori di 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 le 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.

Il corso di lezioni viene completato da esempi ed esercizi numerici.

Necessarie premesse del corso, oltre le nozioni matematiche di base, sono: la fisica (meccanica e termodinamica), la Meccanica applicata alle macchine e la Fisica tecnica.

670
MACCHINE UTENSILI
Docente: **Orio Zurla** prof. ass.

Il corso 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.

Programma

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 del corso 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 del corso è dedicata all'analisi dei sistemi produttivi più recenti quali Macchine Utensili a controllo numerico, centri di lavorazione, sistemi di lavorazione.

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. Coop. Libraria Universitaria, Bologna.
O. ZURLA, *Appunti di macchine utensili*, Ed. Coop. Libraria Universitaria, Bologna.
Appunti integrativi distribuiti dal docente.
A. ANDRISANO, W. GRILLI, *Esercitazioni di macchine utensili*, Ed. Pitagora, Bologna, 1981.

Testi di consultazione:

G.F. MICHELETTI, *Tecnologia Meccanica*, Voll. 1 e 2, Ed UTET, Torino.
M. FLEGO, *L'Impiego del Controllo Numerico nella Produzione Meccanica*, Ed. F. Angeli, Milano.
G. HENRIOT, *Ingranaggi*, Vol. 2°, Ed. Tecniche Nuove, Milano.
UNI M3, *Norme per gli utensili che lavorano con asportazione di truciolo*.

L'*esame* consiste in una prova scritta concernente argomenti del corso (es.: stesura di un ciclo di lavorazione, determinazione delle condizioni di impiego di un divisore universale, dimensionamento di massima di una broccia, ecc.) e di una prova orale.

Le *esercitazioni* sono orientate al completamento e all'approfondimento degli argomenti svolti durante il corso.

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: **Ettore Funaioli** prof. ord.

Scopo del corso è fornire gli elementi teorici per una corretta progettazione funzionale degli organi che compongono le macchine, e delle macchine nel loro complesso, dai punti di vista cinematico, statico e dinamico.

Programma

Gli argomenti trattati sono i seguenti: composizione delle macchine in relazione alla loro possibilità di movimento; forze che agiscono sulle macchine, con particolare riguardo alle forze di contatto fra i singoli organi, in condizioni di attrito secco e lubrificato; studio geometrico e cinematico degli organi meccanici; studio di alcune macchine fondamentali (sistemi articolati, rotismi, dispositivi a camme, macchine con organi flessibili) dal punto di vista della trasmissione delle forze e della trasmissione di energia; studio dei moti vibratori nelle macchine; problemi di dinamica delle macchine rotanti ed alternative; dinamica degli impianti costituiti da macchine motrici ed operatrici funzionanti in condizioni di regime periodico; regolazione della velocità angolare con particolare riguardo alla regolazione effettuata con l'impiego di componenti meccanici.

Testi consigliati:

FUNAIOLI, *Meccanica applicata alle macchine*, I e II volume, Patron, Bologna.

L'*esame* è costituito da una prova orale. Le *esercitazioni*, che si svolgono parallelamente al corso, o trattano, esemplificandoli, argomenti del corso, o completano argomenti importanti che nel corso possono essere solamente introdotti. La materia trattata dalle esercitazioni è materia di esame.

1380
MECCANICA RAZIONALE (per Meccanici, Minerari, Elettrot., Chimici, Nucleari)
Docente: **Mauro Fabrizio** prof. ord.

Il corso 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. Il corso intende promuovere una più ampia conoscenza e padronanza dei modelli matematici per i sistemi in questione, addestrando insieme ad un loro uso consapevole ed efficace nella soluzione di problemi.

Programma

Cenni di Calcolo vettoriale.

Vettori applicati.
Momento polare ed assiale di un vettore applicato.
Equivalenza e riducibilità fra sistemi di vettori applicati. Sistemi piani.
Sistemi di vettori applicati paralleli. Centro.

Cinematica del punto.
Concetti di spazio e tempo.
Moto del punto, velocità e accelerazione.
Moti piani in coordinate polari.
Velocità areale. Moti centrali.
Moto circolare ed uniforme. Moto armonico ed elicoidale.

Cinematica dei sistemi materiali.
Vincoli e sistemi olonomi.
Cinematica dei sistemi rigidi.
Angoli di Eulero.
Moto ed atto di moto traslatorio, rotatorio ed elicoidale.
Teorema di Mozzi.

Cinematica dei moti relativi.
Teorema di composizione delle velocità e delle accelerazioni.

Moti rigidi piani.
Centro istantaneo, base e rulletta.
Accelerazione nel moto rigido piano.

Dinamica del punto.
Concetti di massa e forza. Dinamica del punto materiale libero. Concetto di Sistema Dinamico. Sistema regolari. Forze interne come sistema dinamico. Forza peso. Teorema delle forze vive. Principio di Dissipazione delle Forze Interne. Forze conservative. Integrali primi. Moto dei gravi nel vuoto. Moto armonico e armonico smorzato. Risonanza. Moto di un punto vincolato. Principio dei lavori virtuali per le reazioni vincolari. Pendolo. Metodo di Wejestrass. Moti relativi. Problema dei due corpi. Deviazione dei gravi in caduta. Pendolo di Foucault.

Geometria delle masse.
Baricentro di un sistema materiale. Applicazioni.
Momenti d'inerzia e sue proprietà. Quantità di moto. Momento della quantità di moto. Ellissoide d'inerzia. Teorema di Huyghens.

Statica e Dinamica dei Sistemi Materiali.
Teorema della Quantità di Moto del Momento della Quantità di Moto. Teorema delle Forze Vive e di Conservazione dell'Energia. Moto di un corpo rigido con un asse fisso. Pendolo fisico. Moto di un corpo rigido con un punto fisso. Equazioni di Eulero. Moto alla Poinsot. Cenni sui fenomeni giroscopici.

Meccanica Analitica.

Principio dei Lavori Virtuali. Equazione Simbolica della Statica e della Dinamica. Condizioni per l'equilibrio per sistemi olonomi. Forze Generalizzate di Lagrange. Applicazioni. Metodo dei moltiplicatori di Lagrange. Calcolo delle reazioni vincolari. Equazioni di Lagrange. Applicazioni, Lagrangiana. Equazioni di Hamilton.

Stabilità e Piccole Oscillazioni.

Definizione di stabilità dell'equilibrio. Teorema di Dirichlet. Teoria delle piccole oscillazioni attorno ad una posizione di equilibrio stabile. Frequenze di vibrazione propria.

Testi consigliati:

D. GRAFFI, *Lezioni di Meccanica razionale*, Pàtron, Bologna.
Appunti integrativi distribuiti dal Docente.

Testi di consultazione:
AGOSTINELLI-PIGNEDOLI, *Meccanica razionale*, Zanichelli, Bologna.
CERCIGNANI, *Spazio, tempo, movimento*, Zanichelli, Bologna.
GRIOLI, *Lezioni di Meccanica razionale*, Cortina, Padova.
TEDONE, *Meccanica razionale*, Veschi, Roma.

L'*esame* è costituito da una prova scritta ed una orale.

Propedeuticità consigliate: Analisi matematica I e II, Geometria, Fisica I.

1140
MISURE MECCANICHE E TERMICHE
Docente: **Giorgio Minelli** prof. ord. (inc.)

Finalità del corso:

Il corso intende fornire conoscenze sulle tecniche impiegate nell'effettuazione delle misure sulle principali grandezze fisiche di interesse nell'ingegneria meccanica. Vengono forniti i mezzi per la valutazione dell'attendibilità delle misurazioni effettuate. Infine si dà un esempio di collaudo inteso come verifica delle condizioni funzionamento di una macchine o di un impianto, sulla base dei risultati delle misure di diversi parametri.

Programma

I problemi generali delle misure: i sistemi di unità di misura. Gli errori di misura. Critica dei risultati delle misure sia dirette, sia indirette. Le caratteristiche di misura degli strumenti. Le grandezze rapidamente variabili nel tempo. I più diffusi sistemi per la trasduzione della grandezza da misurare in un segnale elettrico digitale e analogico. Peculiarità e confronti delle catene di misura.

Misure di deformazioni: estensimetri meccanici e a variazione di resistenza elettrica, Lacche fragili, Fondamenti di fotoelasticità.

Misure di pressione: strumenti assoluti e tarati, per tutti i campi di pressioni. Trasduttori per rilievi di pressioni rapidamente variabili. Gli indicatori.

Misure di vibrazioni: vibrografi meccanici e trasduttori elettrici. Gli accelerometri.

Misure di temperatura: i sistemi più diffusi di misure di temperatura, sia per laboratori che per l'industria.

Analisi dei prodotti di combustioni: sistemi chimici e fisici, con particolare riferimento agli impieghi nelle caldaie e nei motori a combustione interna.

Misure di velocità: vari sistemi per la misura della velocità di rotazione. I contatori elettronici.

Misure di portata. Contatori volumetrici per liquidi e per gas. Sistemi a strozzamento in varie versioni; trasduttori. Misure indirette attraverso determinazione della velocità del fluido.

Trasduttori di spostamento e di livello di liquido: in recipienti aperti e chiusi.

Misure di forze, momenti torcenti e potenze: vari tipi di trasduttori. I freni dinamometrici più impiegati.

Problemi generali di collaudo: il collaudo del motore a combustione interna.

Propedeuticità consigliate: Fisica tecnica, Idraulica.

Testi consigliati:

1) GIORGIO 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.

2020
ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE
Docente:

Finalità del corso

Dare una conoscenza dei sistemi produttivi, degli elementi che li compongono, dei loro collegamenti e dei meccanismi operativi che li governano, collegando

i vari momenti ed i vari elementi attraverso il filo conduttore rappresentato dal ciclo di vita del sistema produttivo.

Dare la padronanza di alcune tecniche attinenti la progettazione e la gestione dei sistemi produttivi, nonchè una capacità di analizzare le relative situazioni.

Programma

Definizione di sistema produttivo e di ciclo di vita del sistema produttivo.

La decisione del prodotto: metodi di scelta preliminare per nuovi prodotti; definizione formale delle caratteristiche del prodotto; metodi di analisi economica di massima: carta di break even semplice e multi-prodotto.

Progetto e sviluppo di prodotti e scelta dei processi produttivi: metodologia e criteri di progettazione; criteri di scelta dei processi produttivi.

Progettazione del sistema produttivo:

- tipologia del sistema produttivo
- tipologia di disposizione planimetrica
- disposizione degli impianti (lay-out).

Il "Pert"

La programmazione della produzione: a livello aggregato; a livello di dettaglio a breve; pianificazione e controllo delle scorte.

I tempi di lavorazione ed il metodo delle osservazioni istantanee.

Orientamenti per la progettazione delle operazioni: criteri di analisi e progettazione; il posto di lavoro, l'ambiente di lavoro.

Analisi economic a delle alternative di investimenti: fasi logiche attraverso le quali si perviene ad una scelta; fattori di rischio di incertezza, metodi di valutazione degli investimenti: metodo del valore presente e metodo del tasso di redditività interna.

La programmazione lineare.

Concetti di base di statistica: elementi di probabilità; il campionamento; la correlazione.

Propedeuticità consigliate: Economia ed organizzazione aziendale.

Testi consigliati:

BUFFA, Manuale di direzione ed organizzazione della produzione industriale (Franco Angeli Editore).

BURBIDGE, *Il controllo direzionale della produzione* (Franco Angeli Editore).

BARNES, *Work sampling* (Editore Wiley).

THUESEN, *Engineering Economy* (Editore Prentice-Hall Inc.).

ANGARONI, *Profilo storico dell'impresa* (Vita e Pensiero - Pubblicazioni dell'Università Cattolica di Milano).

CHASE E AQUILANO, *Production and Operation Management* - A life cycle approach - Irwin.

Esame orale.

Indirizzo delle *Tesi di Laurea:* Applicativo, tendenzialmente volto alla risoluzione dei problemi concreti di impresa.

6937
PIANIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI MECCANICI
Docente: **Arrigo Pareschi** prof. ord.

Programma

Il corso si propone di fornire i criteri generali, ed i corrispondenti metodi matematici per le relative decisioni impiantistiche, che presiedono alla scelta, alla progettazione, ed alla realizzazione degli impianti industriali meccanici.
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 (energie, materie prime ed accessorie, etc. ...). 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. 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.

Testi consigliati:

Dispense redatte dal docente.

F. TURCO, *Principi generali di progettazione degli impianti industriali*, C.L.U.P., Milano, 1978.
R. MUTHER, *Manuale del lay-out*, ETAS KOMPASS, Milano, 1967.
R.L. FRANCIS, J.A. WHITE, *Facility lay-out and location: an analytical approach*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1974.
J.M. MOORE, *Progettazione e lay-out degli impianti*, Franco Angeli, Milano, 1972.
A. BRANDOLESE, *Studio del mercato e del prodotto*, C.L.U.P., Milano, 1977.

Indirizzo delle tesi di laurea: applicativo con particolare riferimento alla progettazione del lay-out di impianti industriali.

5799
PROGETTAZIONE ASSISTITA DI STRUTTURE MECCANICHE
Docente: **Pier Gabriele Molari** prof. ord.

Il corso si propone di far capire le problematiche che sorgono nella azienda meccanica con l'introduzione dell'elaboratore elettronico e di far utilizzare concretamente il calcolatore stesso nella progettazione meccanica.

Introduzione alla progettazione assistita
- La progettazione assistita come elemento unificatore dei settori tecnici, produttivi e gestionali dell'azienda;
- Il "data-base" per l'azienda meccanica;
- L'interattività calcolatore-progettista, le tecniche per favorire lo "user friendly";
- L'impostazione del progetto con l'ausilio del calcolatore;
- La scelta dell'"hardware" e del "software" di base: criteri tecnico-economici.

La grafica al calcolatore
- I vantaggi offerti dalla rappresentazione grafica;
- Principi della grafica per l'industria meccanica: il disegno come primo input di dati;
- La grafica 'piani'. La tecnica dei "menù";
- La grafica 'tridimensionale'. I modellatori geometrici;
- La scelta dei terminali ad alta risoluzione.

Il calcolo strutturale
- Il modello della forma, dei vincoli, del materiale e del carico negli organi di macchina;
- Modelli lineari e non lineari e loro limiti di validità;
- L'impostazione matriciale del calcolo strutturale;
- Il calcolo degli alberi di macchina;
- Il calcolo delle strutture piane e spaziali con l'elemento finito;
- I modellatori geometrici e i problemi di "mesh" automatico per analisi con l'elemento finito;
- Il calcolo delle strutture vibranti;
- I "package" disponibili e criteri per la loro scelta;
- Problemi di ottimizzazione con modelli lineari e non lineari.

Il calcolo cinematico e dinamico
- Impostazione del calcolo vettoriale con l'elaboratore elettronico;
- Tecniche di codifica e di rappresentazione dei cinematismi;
- I modellatori geometrici e l'analisi dei cinematismi nella progettazione;
- I "package" disponibili e criteri per la loro scelta.

Il calcolatore come acquisitore di dati
- Rilievo dei dati da prototipo e loro analisi;
- Tecniche di trattamento dei segnali;
- L'analisi modale;

- L'interazione con il calcolo strutturale e la progettazione;
- Il "software" disponibile e criteri di scelta.

Durante le *esercitazioni* si realizzano programmi di calcolo utilizzando il calcolatore ed i terminali della Facoltà.

Propedeuticità: un Corso di programmazione, Meccanica applicata alle macchine, Scienza delle costruzioni, Costruzione di macchine.

818
PROGETTI DI MACCHINE
Docente: **Giorgio Bartolozzi** prof. ord.

Impostazione, sviluppo e gestione del progetto costruttivo delle macchine nei suoi aspetti funzionale, produttivo, economico.

Applicazione dei concetti fondamentali di progettazione integrata.

Testi consigliati:

R. GIOVANNOZZI, *Costruzione di macchine*, Patron, Bologna.
O. BELLUZZI, *Scienza delle costruzioni*, Zanichelli, Bologna.
RUIZ, KOENISBERGER, *Design for Strenght and Production*, Macmillan 1970.

Indirizzo delle tesi di laurea:

- Sperimentale; di progettazione.

886
SCIENZA DEI METALLI
Docente:

Sostituito a tutti gli effetti da "*Siderurgia e metallurgia*" (Fac. Chimica Industriale)

Finalità del corso:

Introdurre i principi fondamentali della metallurgia fisica in base ai quali si interpretano i processi metallurgici tecnologicamente più importanti ed il comportamento di metalli e leghe metalliche in esercizio.

Prospettare le strette correlazioni tra proprietà generali, composizione e struttura dei materiali metallici, evidenzialdo quegli aspetti dello stato difettivo che consentono di interpretare a livello microscopico e macroscopico i fenomeni di scorrimento nei materiali metallici.

Caratterizzare i materiali metallici sotto il profilo corrosionistico ed esaminare i provvedimenti contro la corrosione da prendere in fase di progettazione e di scelta dei materiali.

Programma

Solidificazione dei metalli e leghe; stato solido; proprietà elastiche; anelasticità; struttura reale dei solidi cristallini; deformazione di metalli e leghe; diffusione nei metalli e nelle leghe; rinvenimento e ricristallizzazione; trasformazione allo stato solido; trattamenti termomeccanici; scorrimento viscoso; fatica; frattura fragile e duttile; materiali per alte e basse temperature; corrosione secca e a umido.

Il corso è integrato da alcune *esercitazioni* di metallografia, frattoscopia e analisi di casi pratici di corrosione.

Propedeuticità consigliate: Tecnologia meccanica.

Testi consigliati:

1) DANY SINIGAGLIA, *Metallurgia*, Edizioni CLUP, Milano.
2) W. HAYDEN, W.G. MOFFAT, J. WULFF, *Proprietà meccaniche*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano.
3) IGNAZIO CRIVELLI VISCONTI, *Appunti dal Corso di Scienza dei Metalli*, Edizioni Liguori, Napoli.

La prova di *esame* è orale.

Indirizzo delle *tesi di laurea:* Tecnologico con particolare riferimento ai processi che tendono a caratterizzare ed a migliorare le proprietà dei materiali metallici.

6801

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (per Meccanici, Elettrotecnici, Chimici, Nucleari).
Docente: **Angelo Di Tommaso** prof. ord.

Finalità del corso

Il Corso si propone di fornire all'allievo i concetti base della Meccanica dei Solidi e la metodologia per la verifica strutturale delle Costruzioni. Il Corso costituisce una premessa allo studio della Progettazione delle Costruzioni Civili, Industriali e Meccaniche.

Programma

A) Meccanica dei solidi (Analisi della deformazione – Analisi della tensione – Il principio dei lavori virtuali – Stato elastico dei solidi – Criteri di snervamento o frattura – Le verifiche di resistenza nel punto);
B) Le strutture (Calcolo delle travi e dei sistemi di travi – Le azioni esterne – La stabilità dell'equilibrio dei sistemi di travi);
C) Principi di Statica delle Strutture in cemento armato; (obbligatorio solo per i Meccanici;

D) Sperimentazione sul comportamento meccanico dei materiali (facoltativo).

Gli *esami* consistono in una prova scritta ed un successivo colloquio. Gli argomenti di esame sono a disposizione presso l'Istituto di Scienza delle Costruzioni.

Testi consigliati:

1) BOSCOTRECASE-DI TOMMASO, *Statica applicata alle Costruzioni*, Pàtron, Bologna.
2) DI TOMMASO, *Fondamenti di Scienza delle Costruzioni*, Pàtron, Bologna.
3) VIOLA, *Esercitazioni di Scienza delle Costruzioni*, Pitagora, Bologna.
4) CARPINTERI, *Geometria delle masse*, Pitagora, Bologna.
5) CAPURSO, *La statica del cemento armato*, Pitagora, Bologna.

4146
STRUMENTAZIONE INDUSTRIALE
Docente: **Sergio Fabbri** prof. ord. (supplente)

Il corso si propone di fornire la conoscenza ed i criteri di corretto impiego di strumenti, metodi ed apparecchiature di misura applicati ai processi industriali.

Programma

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 nel corso di Misure Meccaniche.

Con riferimento alle normative ed alle procedure di collaudo dei fondamentali impianti meccanici, si esaminano le tecniche non distruttive e di inserimento di strumenti non previsti in precedenza, atte a minimizzare i disturbi nella gestione degli impianti.

Vengono infine considerate le apparecchiature e i metodi più idonei per le indagini relativi all'energy saving.

Testi consigliati:

Dispense di strumentazione industriale.

2011
TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE
Docente: **Giannino Praitoni** prof. ass.

(V. Corso di Laurea in Ingegneria Civile Sez. Trasporti).

1031
TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI
Docente: **Alessandro Orlandi** prof. ord.

(V. Corso di Laurea in Ingegneria Civile Sez. Trasporti).

2224
TECNOLOGIA DEI MATERIALI
Docente: **Daniele Veschi** prof. inc. stab.

Scopo del corso è l'approfondimento di concetti affrontati nel corso 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.

Il corso si propone altresì di fornire i concetti fondamentali per la scelta dei materiali oggetto del corso, e per le corrette collocazione e metodologia delle operazioni tecnologiche e dei trattamenti termici.

Programma

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.

Propedeuticità consigliata: Tecnologia Meccanica.

Testi consigliati:

VESCHI D., *L'acciaio ed 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. ass.

Il corso 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.

Programma

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 termini dei materiali metallici.

L'impostazione del corso 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, Londa.
MAZZOLENI, *Lezioni di tecnologie dei metalli*, Edit. Pellerano del Gaudio, Napoli.
GUZZONI, *Metallurgia e tecnologie dei metalli*, Edit. Etas Kompass, 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 del corso, ed in una prova orale.

Le *esercitazioni* sono orientate al completamento ed all'approfondimento degli argomenti svolti durante il corso.

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 vibratori nelle strutture e nel comando delle macchine utensili.

2016
TRAZIONE E PROPULSIONE
Docente: **Alessandro Orlandi** prof. ord. (inc.)

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Civile Sez. Trasporti)

8081
TURBOMACCHINE
Docente: **Roberto Bettocchi** prof. ass.

Scopo del corso:

Il corso fa parte di un indirizzo di progettazione termofluidodinamica, nel quale si effettuano sviluppi ed approfondimenti delle conoscenze di base delle turbomacchine i cui principi generali sono trattati nei corsi di Macchine e Complementi di Macchine.

Programma:

Fondamenti della teoria delle turbomacchine. Studio del flusso, incomprimibile e comprimibile, nei canali delle turbomacchine. Teoria bidimensionale del flusso nelle turbomacchine; problemi tridimensionali e loro soluzioni bidimensionali. Meccanica del flusso dei fluidi comprimibili applicata alle turbomacchine.

Richiami di aerodinamica sui profili alari isolati e loro comportamento in schiera. Scelta dei profili aerodinamici ai fini della progettazione dei palettamenti delle turbomacchine.

Progettazione termofluidodinamica delle turbomacchine. Metodi per l'analisi sperimentale del flusso nelle turbomacchine e determinazione delle loro prestazioni.

Il corso si completa con un progetto fluidodinamico completo di una turbomacchina.

Propedeuticità consigliate:

Aerodinamica, Macchine, Complementi di Macchine.

Testi consigliati:

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.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTROTECNICA 2003

Programmi delle materie di insegnamento

1350 Analisi matematica I
1355 Analisi matematica II
1376 Geometria
1380 Meccanica razionale
6801 Scienza delle costruzioni
v. Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

5690 Costruzioni per l'industria
2011 Tecnica della circolazione
1031 Tecnica ed economia dei trasporti
v. Corso di Laurea in Ingegneria Civile

2037 Elettronica industriale
5573 Gestione dell'informazione
4138 Linguaggi di programmazione
2004 Metodi di osservazione e misura
v. Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica

2237
APPLICAZIONI INDUSTRIALI DELL'ELETTROTECNICA

Docente: **Mauro Loggini** prof. ass.

Il corso si propone di fornire all'allievo i concetti di base dei moderni regolatori statici a tiristori, le loro caratteristiche e il dimensionamento nella regolazione di potenza con carichi attivi e passivi. Si vuole, inoltre, avvicinare lo studente al problema del rifasamento automatico a tiristori e delle misure di grandezze elettriche connesse con onde fortemente distorte causate dai convertitori statici di potenza a SCR.

Programma

Richiamo su alcuni strumenti di misura di grandezze elettriche; misure di potenza attiva, reattiva, cos φ con dispositivi a semiconduttore; misure di grandezze elettriche con elevato contenuto armonico.

Convertitori statici: convertitori c.a. - c.c. a semionda e ad onda intera; ponte monofase, trifase semicontrollato e totalcontrollato. Circuiti di sincronizzazione e di

innesco. Considerazioni sul circuito equivalente relativo ai convertitori statici. Convertitori statici c.a. - c.c. con carico attivo.

Rifasamento automatico a tiristori. Trasduttori varmetrici; correzione del fattore di potenza con condensatori inseribili mediante tiristori. Tecniche di commutazione e dimensionamento dei gradini.

Regolazione automatica della velocità di un motore in c.c. tramite tiristori.

Convertitori c.c. - c.a.: invertitori serie e parallelo a tiristori. Convertitori c.c. - c.c.: chopper a tiristori.

Propedeuticità consigliate: Elettronica applicata; Misure elettriche; Misure e regolazione degli impianti elettrici.

81

CALCOLO DELLE MACCHINE ELETTRICHE

Docente: **Antonino Grande** prof. ass.

Il Corso, pur di indirizzo specialistico, persegue la finalità di contribuire alla formazione culturale del progettista moderno, che sempre più frequentemente svolge la sua opera con l'ausilio del calcolatore numerico. Gli obiettivi principali consistono dapprima nel fornire all'allievo gli elementi di base di progettazione delle macchine elettriche, e poi nell'approfondire alcune metodologie di calcolo, da impiegarsi al calcolatore numerico, intese alla ricerca del dimensionamento ottimale.

Il Corso si articola in : a) lezioni; b) esercitazioni numeriche in aula; c) seminari.

Programma

1. Introduzione al calcolo di una macchina elettrica.
   Metodi diretti ed iterativi. Progettazione con l'ausilio del calcolatore numerico:
   a) programma per il dimensionamento; b) programma per l'ottimizzazione.
2. Progetto di massima delle macchine elettriche.
   Progetto libero e vincolato. Similitudini delle macchine. Grandezze ideali di una macchina elettrica.
3. Dimensionamento elettromagnetico delle m. elettriche tramite l'ausilio del calcolatore numerico. Dimensionamento del trasformatore, m. asincrona, m. sincrona, m. corrente continua.
4. Calcolo termico delle macchine elettriche.
   Reti termiche e determinazione delle temperature medie. Calcolo puntuale della distribuzione della temperatura in una m. elettrica.
5. Metodi di ricerca dell'ottimo nel dimensionamento di una macchina elettrica.
6. Modelli matematici per lo studio della dinamica delle macchine elettriche.
7. Argomento particolare, variabile di anno in anno, sulla regolazione e sulla dinamica di una macchina elettrica.

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.

86
CENTRALI ELETTRICHE
Docente: **Nerio Negrini** prof. inc. stab.

Il corso si pone il fine di fornire elementi supplementari ed integrativi di altre discipline circa i problemi di funzionamento e di progettazione delle centrali elettriche, affrontando anche gli aspetti energetici connessi alla produzione dell'energia elettrica.

Programma

Fonti di approvvigionamento di energia, comparazione dei costi e previsione di approvvigionamento delle stesse – costo di produzione dell'energia elettrica in relazione alle diverse caratteristiche degli impianti – brevi cenni sui problemi tariffari e sui relativi provvedimenti di legge – richiamo delle caratteristiche tecniche di esercizio e progettazione degli impianti idroelettrici, termoelettrici (cicli a vapore, turbogas, gruppi diesel), termonucleari.

La parte che riguarda gli impianti nucleari viene fatta precedere da un breve richiamo sulla struttura dell'atomo, le reazioni nucleari, i fenomeni di radioattività e la fissione dell'atomo.

Come problemi tecnici specifici vengono poi affrontati i problemi riguardanti l'inquinamento, in relazione ai vari tipi di combustibile, le corrosioni negli impianti termoelettrici sia ad alta che a bassa temperatura ed infine vengono richiamati gli schemi elettrici funzionali delle centrali elettriche.

Viene infine affrontata la tecnica del funzionamento automatico delle centrali elettriche di tipo tradizionale.

Non vengono effettuate esercitazioni che si ritiene invece opportuno introdurre, orientate ad un approfondimento di quanto riguarda il funzionamento automatico delle centrali.

Si ritiene altresì opportuno, nell'ambito delle esercitazioni, effettuare 1-2 visite tecniche ad impianti in esercizio.

1360
CHIMICA (per Elettrotecnici, Chimici e Nucleari)
Docente: **Piero Manaresi** prof. ord.

(V. Corso di Laurea in Ingegneria Chimica)

5693
CHIMICA FISICA DEI MATERIALI ELETTRICI
Docente: **Franco Sandrolini** prof. ord. (inc.)

Il corso si propone di fornire una base unificante per la comprensione delle proprietà e del comportamento dei materiali nelle situazioni di impiego più comuni nell'elettrotecnica, ed è finalizzato ai successivi corsi applicati e tecnologici.

Programma

Materiali monocristallini, policristallini ed amorfi. Metalli e leghe metalliche. Ceramici: materie prime e tecnologia. Polimeri e copolimeri. Termoplastici e termoindurenti. Elastomeri. Principali metodi di sintesi. Struttura, cristallinità e proprietà dei polimeri.

Difetti dei materiali e proprietà. Microstruttura e proprietà dei materiali. Segregazione, raffinazione per zone, inviluppi. Processi di nucleazione ed accrescimento di nuove fasi. Trattamenti termici. Cenno ai processi di trasporto di materia nei solidi. Sinterizzazione.

Proprietà elettriche dei materiali: conduttori, semiconduttori, isolanti. Conduzione elettrica e conducibilità elettrica. Regole di Mathiessen e Nordheim. Superconduttori. Principali materiali conduttori impiegati nella tecnica. Semiconduttori intrinseci ed estrinseci. Droganti e meccanismi di conduzione. Materiali isolanti e dielettrici. Processi elementari di conduzione. Processi elementari di polarizzazione. Costante dielettrica complessa e processi di rilassamento dielettrico nei materiali. Equazioni di Debye. Principali materiali isolanti impiegati nella tecnica. Processi elementari di scarica elettrica nei materiali e rigidità dielettrica.

Proprietà magnetiche dei materiali. Principali materiali magnetici impiegati nella tecnica.

Proprietà meccaniche dei materiali. Elasticità lineare e non lineare. Plasticità. Frattura.

Testi consigliati:

J. WULFF (et al.), *Struttura e proprietà dei materiali*, CEA, Milano, 1975.
A.G. GUY, *Introduction to Materials Science*, McGraw-Hill, 1975.

Il corso 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.

4118
COMPLEMENTI DI MACCHINE ELETTRICHE
Docente: **Giorgio Maria Rancoita** prof. ord.

Il corso analizza la dinamica delle macchine elettriche rotanti impostando una trattazione generale unitaria delle macchine stesse ai valori istantanei: in essa compaiono i flussi in due circuiti magnetici a 90° elettrici fra loro; le correnti negli avvolgimenti statorici, negli avvolgimenti rotorici con eventuale accesso da anelli, negli avvolgimenti rotorici con collettore a lame; la coppia all'albero.

Riconosciuti come casi particolari i funzionamenti di regime già noti delle principali macchine elettriche, i regimi sinusoidali vengono visualizzati nei diagrammi polari, che per le macchine asincrone polifasi e monofasi e le sincrone a poli lisci risultano circolari e visti unitariamente.

Vengono poi studiati i funzionamenti di macchine elettriche speciali.

Indi il metodo viene applicato allo studio dei transitori elettrici ed elettromeccanici delle macchine elettriche principali, asincrone e soprattutto sincrone ad illustrarne il significato delle impedenze transitorie, visualizzando anche i risultati sullo stesso piano dei diagrammi polari.

Il corso ha carattere formativo fornendo procedimenti utili, oltre che ai risultati direttamente ottenuti, ad ulteriori studi svariatissimi, in particolare di controlli automatici e di stabilità.

E' disponibile un testo scritto dal docente, formato da tavole di sintesi della materia.

4122
COMPLEMENTI DI MISURE ELETTRICHE
Docente: **Mario Gasparini** prof. inc. stab.

Il corso si propone di ampliare le conoscenze fondamentali per un ingegnere elettrotecnico che, nel campo delle misure, vengono fornite nel corso di Misure Elettriche.

Nello svolgimento del corso, comunque, si tengono presenti i seguenti punti:

— l'aggiornamento continuo del programma sulla base delle nuove apparecchiatu-

re o tecniche di misura che hanno interesse per gli elettrotecnici;
- la necessità di fornire cognizioni di argomenti che integrino il corso fondamentale di Misure elettriche.

Programma

a) Strumentazione elettronica: si illustrano strumenti ed apparati elettronici di misura, studiati non dal punto di vista della costruzione interna, ma da quello delle caratteristiche di impiego.
b) Comportamento degli elementi di circuito in funzione della frequenza.
c) Misure di impedenza non tradizionali.
d) Elementi di metrologia primaria.
e) Taratura dei TA e TV.

196
CONTROLLI AUTOMATICI
Docente: **Giovanni Marro** prof. ord.

Lo scopo del corso è l'introduzione allo studio di sistemi dinamici e la presentazione delle tecniche di progettazione dei sistemi di controllo in retroazione, in particolare quelle basate sull'analisi armonica. Il corso è completato con una descrizione dei principali componenti dei sistemi di controllo (trasduttori, amplificatori e attuatori) sia elettromeccanici sia fluidici.

Programma

Concetti fondamentali. Analisi di sistemi dinamici lineari. Stabilità. Risposta armonica e diagrammi di Bode. Criterio di Nyquist. Metodo del luogo delle radici. Sintesi delle reti correttrici. Sistemi non lineari. Componenti dei sistemi di controllo. Elementi di calcolo analogico.

Testi consigliati:

G. MARRO, *Controlli automatici,* Zanichelli.
C. BONIVENTO, *Controlli automatici,* vol. II (Componenti e applicazioni) Pitagora Ed.

Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica I e II, Macchine elettriche.

Gli esami consistono in una prova scritta e una prova orale. Il superamento della prova scritta è obbligatorio per l'accesso alla prova orale.

205
COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE
Docente: **Benito Brunelli** prof. ord. (supplente)

Il corso si propone di porre in evidenza le esigenze ed i problemi che derivano dalla costruzione e dall'esercizio delle macchine elettriche. In particolare vengono affrontati i problemi di natura elettromagnetica, meccanica, e termica che sono fondamentali per la realizzazione delle macchine stesse. Inoltre vengono richiamate le Norme del C.E.I. inerenti la costruzione, l'installazione e l'esercizio delle macchine elettriche.

Programma

– Trasformatori. Materiali impiegati, circuiti magnetici, tipi di avvolgimento, elementi di progetto del trasformatore. Disegni d'insieme e di particolari. Perdite nel rame e nel ferro. Sforzi elettrodinamici, problemi termici, rumori. Studio delle sovratensioni, e accorgimenti costruttivi inerenti. Dispositivi di protezione. Sovracorrenti di inserzione e di corto circuito. Trasformatori speciali.

– Macchine rotanti. Principali elementi costitutivi e materiali impiegati. Circuiti magnetici. Avvolgimenti di tipo trifase, avvolgimenti rotorici per motori a gabbia e ad anelli. Avvolgimenti di eccitazione per macchine sincrone e a corrente continua. Avvolgimenti di indotto per macchine a corrente continua. Dati ed elementi di base per il progetto delle macchine elettriche rotanti. Disegni di insieme e di particolari. Dimensionamento degli alberi, velocità critiche, vibrazioni ed equilibratura dei rotori. Rumori, perdite e raffreddamento. Condizioni e tipo di servizio.

Testi consigliati:

G. REBORA, *La costruzione delle macchine elettriche*.
E. PAGANO, A. PERFETTO, *Costruzioni elettromeccaniche*.

1364
DISEGNO (per Elettrotecnici e Nucleari)
Docente: **Franco Persiani** prof. ass. (inc.)

Il corso ha lo scopo di fornire una base concettuale per l'interpretazione e l'esecuzione del disegno. In particolare si affrontano le regole generali di rappresentazione del disegno tecnico, fornendo richiami all'aspetto esecutivo di ogni rappresentazione grafica in campo ingegneristico.

Programma

Costruzioni geometriche fondamentali. Proiezioni ortogonali. Prospettiva cavaliera e norme UNI. Assonometria: isometrica, dimetrica e norme UNI. Vera for-

ma di superficie piane. Le sezioni; scopo, tratteggio. Compenetrazione di solidi. Sviluppo di superficie. Disegno tecnico. Norme UNI sulle rappresentazioni. Sistema europeo ed anglosassone. Rappresentazione di viste ausiliarie e ruotate. Convenzioni particolari di rappresentazione. Sezioni nel disegno tecnico: norme unificate – sezioni con piani concorrenti, con piani paralleli, semiviste e semizione. Sezioni parziali. Quotatura: necessità e criteri generali. Quotature in serie, in parallelo, miste. Calibro a corsoio. Trapano, Tornio e loro modo di impiego. Quotature secondo controllo ed esecuzione. Proprietà e prove di materiali. Prova di rottura a trazione. Prove di durezza superficiale. Classificazione ghise, acciai. Rame e le sue leghe. Alluminio e le sue leghe. Filettatura: metrica, Whitworth, gas, trapezia e a dente di sega; rappresentazione convenzionale. Collegamenti con viti. Disegno di complessivi. Estrazione di particolari da complessivi. Collegamenti con chiodature e saldature. Organi di collegamento: chiavette longitudinali, linguette, profili scanalati. Esempi di montaggio. Calettamenti su cono. Anelli Seeger. Fresatrice universale e suo impiego. Ruote dentate. Rugosità superficiale. Tolleranze di lavorazione: necessità e criteri.

Testi consigliati:

SOBRERO, *Corso di disegno.*
MAIFRENI-ZAMBONI, *Disegno tecnico.*
STRANEO-CONSORTI, *Il Disegno tecnico.*
MANFE'-POZZA-SCARATO, *Disegno meccanico.*

Le esercitazioni consistono nella esecuzione di tavole che rappresentano l'esplicazione grafica degli argomenti trattati.

251
ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE
(per Elettrotecnici ed Elettronici)
Docente: **Dino Zanobetti** prof. ord. (inc.)

Il corso si propone essenzialmente due obiettivi: 1) fornire agli studenti i criteri ed i metodi per la scelta economica di soluzioni tecniche diverse. 2) Fornire agli studenti alcune indispensabili conoscenze sul mondo del lavoro, della produzione e degli affari, ed alcune elementari norme giuridiche.

Programma

I problemi d'ingegneria come problemi di scelta economica.

I problemi della matematica finanziaria. Il criterio di equivalenza finanziaria.

Metodologia della valutazione degli investimenti e dei finanziamenti, e della convenienza del rinnovo.

I fattori della produzione e gli elementi del costo di produzione. La contabilità aziendale ed il bilancio d'impresa.

Il deperimento e la sua contabilizzazione.

L'impresa e le sue diverse forme giuridiche. Il finanziamento del capitale proprio e di credito delle imprese. Credito a breve, medio e lungo termine. L'assegno e le cambiali; loro funzione economica e loro regolamentazione giuridica comparata.

Elementi di diritto societario comparato. Le procedure concorsuali.

L'ordinamento bancario, elementi di tecnica bancaria, la regolazione del credito e la funzione della banca centrale.

La regolamentazione tributaria italiana. Influenza delle imposte sulla valutazione degli investimenti e dei finanziamenti e sulla convenienza del rinnovo.

Il catasto e gli altri registri pubblici.

Regolamentazione e costo del lavoro. Gli oneri sociali e la scala mobile.

Mercati e prezzi dei materiali. Indici dei prezzi e potere d'acquisto della moneta.

I contratti di compravendita e d'appalto, i documenti contrattuali, le modalità di pagamento e del controllo dell'esecuzione negli appalti di grandi lavori. I contratti di trasporto, l'assicurazione e la resa nei contratti mercantili.

La revisione dei prezzi contrattuali.

La contabilità nazionale: il conto delle risorse e degli impieghi ed il conto della formazione del capitale. I conti della pubblica amministrazione. Le matrici dell'economia.

Elementi di teoria della moneta. Il sistema monetario e la sua evoluzione recente. Il sistema monetario internazionale e quello europeo.

Testi consigliati:

D. ZANOBETTI, *Economia dell'ingegneria*, Patron.
ISTITUTO CENTRALE DI STATISTICA, *I conti degli italiani.*
P. SAMUELSON, *Principi d'economia*, UTET.
F. GALGANO, *I. L'imprenditore, II. Il contratto di società, le società di persone, III. La società per azioni, le altre società di capitali, le cooperative*, Zanichelli.

L'esame consiste di una prova scritta, concernente la valutazione d'un investimento o finanziamento od un problema di rinnovo, e di una prova orale.

270
ELETTRONICA APPLICATA
Docente: **Vito Antonio Monaco** prof. ord.

Finalità del corso.

A livello istituzionale vengono trattate e 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 il corso 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:

Elettrotecnica I, Elettrotecnica II.

277
ELETTROTECNICA I
Docente: **Ugo Reggiani** prof. ord.

L'insegnamento di Elettrotecnica I ha essenzialmente lo scopo di fornire agli allievi, sulla base di quanto essi hanno appreso dall'insegnamento di Fisica II, un quadro inizialmente sintetico delle leggi fondamentali dell'elettromagnetismo, seguito da un successivo approfondimento di alcune sue parti. In particolare si esaminano concetti e metodi basilari per la soluzione di problemi di regime stazionario in campi elettrici e magnetici particolarmente interessanti l'Elettrotecnica.

Programma

Richiami di nozioni, concetti e leggi fondamentali

Nozioni e principi generali. I vettori del campo elettromagnetico. Le leggi fondamentali dell'elettromagnetismo, le equazioni di Maxwell, le condizioni alle superfici di discontinuità. L'energia del campo elettromagnetico, teorema di unicità per le equazioni di Maxwell. I potenziali elettromagnetici. Classificazione dei problemi elettromagnetici.

Il campo elettrico ed il campo magnetico in regime statico ed in regime stazionario

Il campo elettrostatico. Campo elettrostatico di un sistema di conduttori. Coefficienti di capacità e coefficienti di potenziale. Capacità parziali, capacità di servizio di linee aeree in presenza della terra e di linee in cavo. Materiali dielettrici e loro proprietà. Condensatori. Il campo elettrico nei conduttori e la corrente in regime stazionario. Analogia fra campo elettrostatico e campo di corrente in regime stazionario. Resistenza fra due elettrodi. Il campo magnetico prodotto da correnti stazionarie. Potenziale vettore magnetico. Alcuni problemi relativi al campo magnetico stazionario. Coefficienti di auto e mutua induzione, fattore di accoppiamento, calcolo dell'induttanza di una linea bifilare e di un cavo coassiale. Le proprietà magnetiche dei corpi materiali. Magneti permanenti. Circuiti magnetici. Azioni ponderomotrici nel campo elettrostatico e nel campo magnetico, metodo degli spostamenti virtuali. Metodi per la soluzione dei problemi di campo con assegnate condizioni al contorno: metodi analitici, metodo delle immagini, metodi numerici.

Il campo elettromagnetico quasi-stazionario

Passaggio dalla teoria dei campi alla teoria dei circuiti. Legge di Ohm generalizzata.

Il corso è integrato da *esercitazioni* teoriche e numeriche.

279

ELETTROTECNICA II

Docente: **Rinaldo Troili** prof. ord.

Il corso si propone come finalità lo studio dei circuiti statici ed in movimento, quale capitolo dell'Elettrotecnica ed a completamento dello studio dell'elettromagnetismo classico trattato nel corso di Elettrotecnica I.

Programma

Nozioni di matematica necessarie per lo studio dei circuiti elettrici (funzione impulsiva e funzione gradino, funzioni cisoidali, trasformate di Fourier e Laplace).

Circuiti a costanti concentrate: le leggi di Kirchhoff, elementi bipolari ed elementi a più terminali; definizione di porta; grafo di un circuito e sue proprietà topologiche.

Componenti bipolari dei circuiti elettrici:

a) componenti attivi (generatori indipendenti e generatori pilotati);

b) componenti passivi (resistore, condensatore, induttore, circuito accoppiato a tre e quattro terminali, trasformatore a due avvolgimenti).

Analisi di circuiti puramente resistivi: metodi delle correnti di maglia e dei potenziali di nodo.

Analisi dei circuiti con memoria: a) Analisi nel dominio del tempo: risposta transitoria e risposta permanente, stabilità delle reti. Analisi dei circuiti mediante le funzioni cisoidali e la trasformata di Laplace: risposta transitoria e risposta perma-

nente, funzioni di rete, risposta all'impulso.

Teoremi delle reti: teorema delle potenze virtuali, bilancio energetico di una rete, teorema delle potenze reciproche, teoremi di Thevenin, Norton e Millman. Teorema del massimo trasferimento di potenza attiva.

Circuiti a due porte: rappresentazione generale, impedenza a vuoto, ammettenza di corto circuito, matrici ibride, matrici di connessione; varii tipi di collegamento di componenti a due porte.

Sistema trifase: proprietà fondamentali, utilizzatore a stella ed a triangolo; potenze e relative misure, sistema trifase con neutro.

Testi consigliati:

BASILE, *Elettrotecnica*, IV volume, Pàtron, Bologna.
F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica generale*, Pitagora, Bologna.
MARTINELLI e SALERNO, *Fondamenti di Elettrotecnica*, Vol. I e II, Edizioni scientifiche Siderea, Roma.

Il corso viene integrato da *esercitazioni* sugli argomenti trattati.

L'*esame* consiste in un colloquio riguardante anche gli argomenti trattati nelle esercitazioni.

5695
ESERCIZIO DELLE RETI ELETTRICHE DI ENERGIA
Docente: **Giovanni Malaman** prof. inc. stab.

Il corso ha come oggetto lo studio del funzionamento dei sistemi elettrici di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Presuppone quindi negli allievi la conoscenza dei singoli elementi costitutivi degli impianti elettrici e ne studia viceversa il comportamento, considerando tali elementi integrati in un sistema.

Programma

Dopo alcuni necessari richiami di matematica, di teoria dei sistemi trifase ecc., il corso analizza essenzialmente i seguenti aspetti e problemi dei sistemi elettrici: sovratensioni, protezioni, coordinamento degli isolamenti; correnti di corto circuito in reti complesse e relative protezioni; regolazione della tensione nelle reti AT, MT e BT., rifasamento; regolazione della frequenza nelle reti e ripartizione del carico attivo; interconnessioni e problemi relativi; problemi di stabilità delle trasmissioni; problemi di sicurezza negli impianti AT e MT e negli impianti utilizzatori; schemi di stazioni, cabine ecc.; analisi dei costi dei sistemi e problemi di convenienza economica.

Il corso comprende esercitazioni ed è di regola completato da una visita ad

una grande sottostazione dell'ENEL, di cui in precedenza viene illustrato in dettaglio lo schema.

Testi consigliati

N. FALETTI, *Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica,* (2 vol. Pàtron, Bologna).

1368
FISICA I (per Elettrotecnici, Chimici, Nucleari)
Docente: **Ettore Verondini** prof. ord.

Il corso 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.

Programma

a) Calcolo vettoriale e Cinematica.

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

b) Dinamica.

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

c) Termodinamica.

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

Testi consigliati:

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

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

1373

FISICA II (per Elettrotecnici, Chimici, Nucleari)

Docente: **Franco Saporetti** prof. inc. stab.

Finalità del corso:

Due sono essenzialmente gli scopi che il Corso 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 il Corso 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

Interazioni elettriche — Campo e potenziale elettrici — Materia e polarizzazione — Conduzione elettrica — Interazioni magnetiche — Campo magnetico e sue proprietà — Magnetizzazione della materia — Campo elettromagnetico dipendente dal tempo — Equazioni di Maxwell — Onde elettromagnetiche — Propagazione e interazione con la materia — Riflessione — Rifrazione — Polarizzazione — Interferenza — Diffrazione.

Il Corso comprende esercizi e calcoli numerici applicativi.

Testi consigliati:

M. ALONSO, E.J. FINN, *Elementi di fisica per l'Università* (vol. 2), (Ed. Addison-Wesley).

D. HALLIDAY, R. RESNICK, *Fisica,* (vol. 2, Elettromagnetismo — Ottica), (Ed. Ambrosiana).

E.M. PURCELL, *La fisica di Berkeley* (vol. 2, Elettricità e Magnetismo), (Ed. Zanichelli) (solo per la prima parte del programma).

Propedeuticità consigliate: Fisica I, Analisi matematica I-II.

6797
FISICA TECNICA (Elettrotecnici, Chimici, Nucleari)
Docente: **Enzo Zanchini** prof. ass.

Finalità del corso

Il corso si propone di fornire le conoscenze di base di termodinamica, fluidodinamica e termocinetica, propedeutiche alla progettazione degli apparati tecnologici in cui si realizzano processi di conversione e/o trasporto dell'energia con o senza flusso di materia.

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 – Principio di non decrescita dell'entropia – Proprietà degli stati di equilibrio stabile – Criteri di stabilità dell'equilibrio.

Sistemi semplici monocomponenti – Superficie p, v, T e diagramma termodinamico p, v – Gas perfetti – Proprietà e trasformazioni dei gas perfetti – Proprietà dei liquidi (cenni) – Proprietà e trasformazione dei vapori saturi e surriscaldati – Proprietà dei gas reali (equazione di Van der Waals, legge degli stati corrispondenti, fattore di compressibilità).

Sistemi semplici multicomponenti – Generalità – Proprietà delle miscele di gas perfetti – Proprietà delle miscele di aria e vapore d'acqua – Diagrammi t, x e j, x – Diagramma psicometrico e applicazioni tecniche.

Cicli termodinamici – Cicli teorici Otto, Diesel e Rankine – Cicli frigoriferi.

Termodinamica dei sistemi aperti – Definizioni – Equazioni di bilancio di massa, di energia, di entropia – Bilancio dell'energia disponibile e funzioni di disponibilità – Bilancio dell' "energia meccanica" – Rendimento termodinamico – Applicazioni tecniche.

Fluidodinamica

Meccanica dei fluidi – Aspetti fisici del moto di un fluido – Viscosità – Moto laminare e moto turbolento – Strato limite dinamico – Equazioni fondamentali del moto isotermo – Alcune soluzioni per regime laminare – Analisi dimensionale.

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:

Università di Bologna
BIBLIOTECA
CENTRALE
Facoltà di Ingegneria

cenni – Conduzione in mezzi anisotropi: cenni – Analogia elettrica.

Convenzione – Equazioni fondamentali del moto non isotermo – Analisi dimensionale – Similitudine – Strato limite termico – Convenzione forzata – Convenzione naturale e mista.

Irraggiamento termico – Generalità e definizioni – Leggi dell'irraggiamento – Fattori di forma – Applicazioni relative allo scambio di energia per irraggiamento fra corpi neri o grigi.

Contemporanea presenza di diverse modalità di scambio – Generalità – Convenzione e irraggiamento – Coefficiente globale di scambio termico – Superfici alettate.

Testi consigliati:

1) A. COCCHI, *Termofisica per Ingegneri*, Libreria Editoriale Petroni, Bologna (1974).
2) A. GIULIANINI, *Esercizi di Fisica Tecnica*, Vol. I e II, Pàtron, Bologna (1980).
3) Fascicoli integrativi disponibili presso l'Istituto di Fisica Tecnica.

Lo svolgimento del corso è accompagnato da un elevato numero di *esercitazioni* aventi come oggetto applicazioni delle nozioni di base fornite dal corso stesso.

L'*esame* consiste in un colloquio su tre temi distinti e relativi alla termodinamica, alla fluidodinamica ed alla termocinetica: i temi possono essere sia strettamente teorici che applicativi (con riferimento alle applicazioni illustrate durante le esercitazioni).

Sono disponibili *tesi di laurea* di carattere teorico nei settori culturali interessanti la termodinamica generale e le sue applicazioni all'analisi dei processi tecnologici.

1375
GEOMETRIA (per Elettrotecnici, Chimici, Nucleari, Meccanici, Minerari)
Docente: **Luigi Cavalieri D'Oro** prof. ord.

Finalità del corso: lo scopo del corso 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

Cenni di logica matematica e di teoria degli insiemi – 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.

Testi consigliati

L. CAVALIERI D'ORO – M. PEZZANA, *Corso di Geometria,* Vol. I e II (parte V e VI), (Ed. Petroni - Bologna).

6800
IDRAULICA (per Elettrotecnici e Nucleari)

Sostituito a tutti gli effetti, per il corrente a.a., dall'insegnamento (4134) *Impianti idroelettrici e di rivalutazione dell'energia.*

5843
IMPIANTI ELETTRICI
Docente: **Mario Pezzi** prof. ass.

Il corso si propone di dare le basi necessarie per affrontare alcuni dei problemi più importanti connessi con la distribuzione sia pubblica che industriale, ma tratta anche argomenti di carattere generale riguardanti il trasporto e la utilizzazione dell'energia elettrica.

Programma

Distribuzione

Distribuzione primaria e secondaria – Reti di distribuzione di tipo radiale, ad anello, a maglia, in banking – Distribuzione dei complessi industriali e per usi civili. Cabine.

Linee elettriche

Linee aeree e in cavo – Costanti primarie – Equazioni della propagazione – Costante di propagazione – Impedenza caratteristica – Le linee come quadripoli – Costanti ausiliarie – Studio delle linee lunghe – Diagramma di Baum e Perrine – Diagrammi circolari – Studio delle linee corte – Espressioni di calcolo per la sezione dei conduttori – Transitorio termico – Esempi di calcolo di linee.

Reti elettriche

Grandezze in valore relativo – Analisi nodale – Il problema di "load flow" –

Vari metodi di calcolo dei flussi di potenza.

Manovra e protezione

Teoria dell'arco elettrico – Interruzione in c.c. e in c.a.; Interruttori – Sezionatori – Sezionatori sotto carico – Fusibili.

Impianti di terra

Curva di pericolosità della corrente – Tensione di passo e di contatto – Relè differenziali – Normativa sulla messa a terra – Dispersori – Impianti di terra negli edifici civili e industriali e nelle cabine.

Illuminotecnica

Elementi di fotometria – Sorgenti luminose e apparecchi illuminanti – Criteri di calcolo di illuminazione di ambienti interni.

Testi consigliati:

ZANOBETTI, PEZZI, *Lezioni di impianti elettrici*, CLUEB.
FALETTI, *Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica*, Patron.
ILICETO-ROSATI, *Impianti di distribuzione dell'energia elettrica*, Siderea, Roma.

4134

IMPIANTI IDROELETTRICI E DI RIVALUTAZIONE DELL'ENERGIA

Docente: **Paolo Lamberti** prof. inc. stab.

Il corso si propone di illustrare i principali tipi di impianti idroelettrici attualmente in uso, le loro caratteristiche tecniche e funzionali, i criteri per il loro impiego nella produzione di energia elettrica.

Programma

- Estesi cenni sugli studi idrologici.
- Rassegna dei tipi di sbarramenti fluviali e delle opere di presa; Opere di adduzione e studio del loro comportamento idraulico; Caratteri delle macchine idrauliche, apparecchiature di corredo e controllo idraulico, regolazione delle turbine, cenni alle questioni di stabilità.
- Caratteristiche funzionali degli impianti di produzione idroelettrica; interconnessione delle reti, diagrammi di carico e ripartizione di esso.
- Impianti di rivalutazione dell'energia mediante pompaggio; impianti con gruppi ternari, macchine reversibili; caratteristiche funzionali e problemi di gestione.
- Brevi cenni ad altri tipi di impianti di rivalutazione e confronti.

Il corso comprenderà discussioni seminariali e, se possibile, visite ad impianti e centri operativi dell'ENEL.

Propedeuticità consigliate: Idraulica.

Testo consigliato:

G. EVANGELISTI, *Impianti idroelettrici*, Patron, Bo, completato con appunti di lezione.

8074
MACCHINE (per Elettrotecnici)
Docente: **Sandro Sandrolini** prof. ass.

Il corso ha per oggetto lo studio delle macchine a fluido motrici ed operatrici e dei relativi cicli termodinamici.

Nella parte iniziale vengono esaminati, con opportuni richiami di termodinamica tecnica, i cicli termodinamici motori degli impianti di turbine a vapore.

Vengono studiate le caratteristiche costruttive e funzionali delle singole macchine componenti l'impianto di potenza: generatori di vapore, turbine, condensatori.

Nel seguito si studiano le macchine motrici ed operatrici a fluido incomprimibile, con particolare riferimento alle turbine Pelton, Francis e Kaplan ed alle pompe centrifughe ed assiali.

Vengono esaminati poi i cicli termodinamici relativi agli impianti motori a gas; in questa sede vengono studiate le caratteristiche costruttive e funzionali delle turbine a gas e dei compressori.

Infine vengono trattati i cicli e le caratteristiche funzionali e costruttive dei motori a combustione interna, a ciclo Otto e Diesel.

Testi consigliati:

S. FABBRI, *Appunti di meccanica applicata alle macchine e macchine*, (Pàtron, Bologna).
G. MINELLI, *Turbine a gas*, (Pàtron, Bologna).
G. MINELLI, *Macchine idrauliche* (Pàtron, Bologna).

Propedeuticità consigliate: Fisica Tecnica, Meccanica Applicata alla Macchine.

666
MACCHINE ELETTRICHE
Docente: **Benito Brunelli** prof. ord.

Il corso 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.

Il corso 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, CHARLES KINGSLEY, jr., *Electric Machinery,* Mc Graw-Hill 1952.

PHILIP 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,* Parte prima, Milano, Hoepli 1963.

5696

MATERIALI SPECIALI PER L'ELETTROTECNICA

Docente: **Ermanno Goracci** prof. inc. stab.

Il corso ha *scopi* di carattere generali quali quelli di stimolare gli studenti a prestare molto maggiore attenzione alle particolarità, alle anomalie e ai difetti, perchè, a differenza di quanto accade nello studio generale delle sostanze, i materiali si distinguono proprio per le particolarità che li possono rendere adatti o no ad un determinato impiego; e inoltre quello di segnalare i numerosi problemi che si incontrano nelle formulazioni delle specifiche dei materiali.

Il corso ha poi uno scopo di carattere particolare che è quello di raccogliere ed inquadrare le informazioni relative alle caratteristiche, processi di fabbrica-

zione e modalità di impiego dei materiali utilizzati in applicazioni che, pur non costituendo il principale interesse degli elettrotecnici, hanno tuttavia notevole importanza e possono comunque essere oggetto di interesse professionale.

Programma

Materiali conduttori speciali (per elementi riscaldanti e per lampade ad incandescenza, per termocoppie, per coppie bimetalliche, per elettrodi, per contatti fissi e mobili e per giunzioni elettriche, per pile e accumulatori, per tubi a scarica e per generatori di plasma).

Materiali semiconduttori (per raddrizzatori a secco, per generatori elettrici speciali quali pile termoelettriche e pile solari, per celle fotoelettriche, resistori fotosensibili, varistori, resistori ferro-idrogeno, termistori ecc.).

Materiali dielettrici speciali (ferroelettrici, piezoelettrici, per cavi speciali).

Materiali magnetici speciali (per nuclei ad alta frequenza, per nuclei di amplificatori magnetici, per memorie magnetiche, per magneti permanenti).

Nell'analisi del comportamento dei materiali sono introdotti richiami di fisica dei solidi e di scienza dei metalli con lo scopo di favorire l'inquadramento delle particolarità e di dare un indirizzo a coloro che desiderano approfondire gli argomenti anche da un punto di vista teorico. Vengono fornite *dispense* dattiloscritte di tutti gli argomenti del corso.

8073
MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE (per Elettrotecnici)
Docente: **Vincenzo Parenti Castelli** prof. ass.

Scopo del corso:

Il corso si propone di fornire gli elementi per lo studio delle macchine dal punto di vista statico, cinematico e dinamico.

Programma:

La prima parte del corso è dedicata allo studio della trasmissione del movimento e delle forze dei meccanismi. A questo scopo viene esaminato il comportamento delle coppie cinematiche sia in condizioni di attrito secco, sia lubrificate. L'analisi viene quindi estesa ai principali meccanismi impiegati nella tecnica: quadrilatero articolato, manovellismo di spinta, glifo a croce, giunto di Cardano, meccanismi con camme, rotismi, meccanismi con organi flessibili.

Nella seconda parte del corso vengono considerati alcuni aspetti del comportamento dinamico delle macchine. Vengono così studiate le vibrazioni dei sistemi ad un grado di libertà, l'equilibratura e le velocità critiche dei rotori, la compensazione delle azioni di inerzia nelle macchine alternative, la regolarità del moto delle macchine.

Alcuni degli argomenti del corso vengono svolti con riferimento ai problemi costruttivi degli organi delle macchine.

Testo consigliato:

FUNAIOLI E., *Meccanica applicata alle macchine*, voll. 1 e 2, ed. Patron, Bologna.

Esercitazioni relative ad argomenti trattati nel corso.

Esami orali, con almeno una delle domande relativa ad un esercizio.

732
MISURE ELETTRICHE
Docente: **Alberto Burchiani** prof. ass.

Il corso 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 del corso 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 cc e ca;
- misure di potenza e di energia in cc, ca 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 del corso le esercitazioni teoriche e pratiche di laboratorio.

Testo consigliato:

MÒDONI-DORE, *Misure elettriche*, (Patron) e dispense integrative su argomenti specifici.

5697
MISURE E REGOLAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI
Docente: **Domenico Mirri** prof. inc. stab.

Il corso si propone di illustrare i dispositivi ed i circuiti elettronici utilizzati nella strumentazione elettronica e nel comando o nel controllo dei convertitori e dei regolatori statici.

Programma

Richiami di fisica dei semiconduttori. Diodi a semiconduttore e transistori bipolari in regime impulsivo.
Amplificatori in c.c. - Voltmetri elettronici in c.c.
Circuiti a retroazione. Circuiti con Amplificatori Operazionali.
Circuiti analogici a retroazione: amplificatori, sommatori, integratori, derivatori, amplificatori, divisori, estrattori di radice quadrata, circuiti limitatori.
Convertitori AC-DC utilizzati negli strumenti di misura.
Circuiti di commutazione a retroazione: comparatore con isteresi, multivibratori bistabile, monostabile ed astabile.
Oscillografo: principio di funzionamento.
Circuiti logici sequenziali: flip-flop sincroni ed asincroni; registri; contatori; memorie a semiconduttore.
Frequenzimetro numerico. Registratore di transienti. Oscillografo a memoria digitale.
Bipoli a resistenza negativa: diodo a quattro strati; SCR (caratteristiche statiche e dinamiche); Triac, UJT; PVT; SUS; DIAC.
Convertitore digitali-analogici e analogici-digitali.
Strumenti numerici in corrente continua.
Strumentazione automatica con microprocessore.

5711
PROGRAMMAZIONE DEI CALCOLATORI ELETTRONICI
Docente: **Lodovico Ambrosini** prof. ass.

Scopo del corso:

- 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. Integrazione di equazioni differenziali alle derivate ordinarie. Introduzione al problema dell'ottimizzazione.

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

Testi consigliati:

Sono disponibili appunti e dispense informali approvate dal docente.
Propedeuticità consigliate: Analisi matematica II.

4153
TECNICA DELLE ALTE TENSIONI
Docente: **Gianni Pattini** prof. ass.

Il corso si propone anzitutto di approfondire la conoscenza delle tecniche e degli apparati specifici utilizzati nel campo delle alte e altissime tensioni ponendo l'accento sulle modificazioni che la tecnologia elettrica subisce quanto le tensioni assumono valori elevatissimi.

Oltre al necessario carattere informativo il corso ha anche un aspetto formativo in quanto cerca di fornire le metodologie generali per affrontare problemi particolari quali ad esempio il coordinamento dell'isolamento e la distribuzione del campo elettrico.

Il corso si collega a monte con quello di Tecnologie elettriche, che fornisce gli elementi fondamentali sui materiali isolanti, di Impianti elettrici, che descrive il funzionamento degli impianti e la loro costituzione, nonchè di Misure elettriche.

In sintesi il programma del corso è il seguente:
– Impianti di prova ad alta tensione: generatori, apparecchiature e metodi di prova e misura;
– Calcolo dei campi elettrici con metodi numerici;
– La scarica nell'aria a pressione atmosferica, particolarmente per lunghe distanze; cenni sulla scarica del fulmine;
– Componenti e tecnologie dei sistemi ad alta tensione (in particolare interruttori, trasformatori di misura, scaricatori, passanti);

– Coordinamento dell'isolamento;
– Effetti dei campi elettrici sul corpo umano.

Vengono forniti appunti preparati dal docente, contenenti anche indicazioni bibliografiche per l'approfondimento della materia.

1046
TECNOLOGIE ELETTRICHE
Docente: **Luciano Simoni** prof. ord.

Il corso si propone come scopo fondamentale di accostare gli allievi alla problematica del progetto e della realizzazione degli apparati elettrici, dal punto di vista soprattutto della scelta dei materiali più idonei e delle sollecitazioni ad essi applicabili.

Preminenza viene data allo studio dei materiali isolanti, di cui vengono analizzate e approfonditamente discusse le proprietà a breve termine e il comportamento a lungo termine. Gli allievi vengono messi al corrente dei più recenti sviluppi della ricerca scientifica e tecnologica in questo campo e vengono forniti loro gli strumenti per inserirsi in essa mediante lo svolgimento di tesi di laurea a carattere sperimentale.

Quindi, come esemplificazione degli argomenti trattati, si esaminano in dettaglio due importanti componenti degli impianti elettrici nei quali la tecnologia dei materiali isolanti assume una importanza particolare, e cioè i cavi per alta tensione e i condensatori di potenza.

Il corso si collega, a monte, con quello di Elettrotecnica I per la trattazione generale del campo elettrico negli isolanti e dell'elettromagnetismo e con il corso di Chimica-fisica dei materiali elettrici per ciò che concerne specifici aspetti dello studio dei materiali; a valle, con molti corsi di indirizzo specialmente dei gruppi Tecnologie ed Impianti, soprattutto con il corso di Tecnica delle Alte Tensioni, che per molte parti rappresenta un completamento di argomenti appena accennati o comunque non esauriti nel corso di Tecnologie elettriche.

Programma

Proprietà dei dielettrici: polarizzazione statica; conducibilità statica; rilassamento e perdite dielettriche; circuito equivalente ed equazioni di Debye; polarizzazione interfacciale.

Ingegneria dei dielettrici: la scarica nei solidi; scarica per instabilità termica; rigidità dielettrica e sue grandezze di influenza; statistica della scarica ed effetto dimensionale; scariche parziali e treeing. Comportamento dei materiali a lungo termine. Degradazione termica e teoria della velocità di reazione. Prove di vita termica ed indice di temperatura. Prove di voltage endurance, convenzionali, a frequenza aumentata, di tipo statistico. Teoria statistica e teoria fenomenologica. Il coefficente

di Voltage Endurance. Prove basate sulla misura della rigidità dielettrica di provini invecchiati. Modelli di vita, con e senza soglia. Comportamento con sollecitazione combinata termica-elettrica. Superfice di vita.

Cavi energia: progetto termico ed elettrico. Descrizione e tecnologia dei cavi in carta impregnata e dei cavi estrusi. Cavi per alta e altissima tensione.

Condensatori di potenza: criteri di progetto, descrizione e tecnologia dei condensatori in carta e olio, in film sintetico e misti.

Materiali magnetici. Proprietà generali e richiami teorici. Principali materiali ferromagnetici e loro caratteristiche. Lamierini al Si isotropi e a cristalli orientati. Tecnica costruttiva dei nuclei della macchine elettriche. Magneti permanenti: proprietà generali e materiali usati. Criteri di progetto.

Le *dispense* del corso, in 5 parti, sono edite dalla Cooperativa Libraria Universitaria. Per le parti del corso in evoluzione vengono forniti articoli ed appunti.

2049
TECNOLOGIE GENERALI
Docente: **Gustavo Favretti** prof. ord. (inc.)

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Nucleare)

1068
TRAZIONE ELETTRICA
Docente: **Enrico Masi** prof. inc.

Finalità del corso

Il corso si propone di fornire notizie sui problemi inerenti alla trazione, principalmente elettrica ed essenzialmente quella ferroviaria, per quanto riguarda impianti fissi e materiale di trazione. L'argomento potrà avere in futuro sempre maggiore interesse, in considerazione della economia che i trasporti ferroviari realizzano rispetto ad altri sistemi.

Programma

1) *Generalità* - Sviluppo della trazione elettrica e termica. Sistemi di trazione attualmente impiegati per impianti ferroviari e per le metropolitane. Valutazione tecnico-economica della trazione elettrica e termica e confronto fra i vari sistemi di trazione.

2) *Impianti fissi* - Alimentazione in corrente continua: caduta di tensione, sottostazioni di conversione a raddrizzatori a vapori di mercurio e a semiconduttori. Alimentazione in corrente alternata: cadute di tensione, sottostazioni di conversio-

ne e di alimentazione. Costituzione delle linee di contatto: problema elettrico e meccanico nella captazione della corrente. Correnti di ritorno e disturbi provocati dalle tensioni indotte sulle installazioni parallele. Esercizio degli impianti fissi: protezioni e telecomandi.

3) *Meccanica della locomozione* - Aderenza e resistenza al moto. Caratteristica meccanica di un mezzo di trazione. Parte meccanica di un mezzo di trazione, schemi di rodaggio, forze applicate sugli assi, variazioni del carico, trasmissione del movimento alle ruote. Dinamica di marcia: problemi e soluzioni in particolare per le alte velocità.

4) *Motori di trazione* - Motori a corrente continua. Costituzione e curve caratteristiche di giri e di potenza. Caratteristica meccanica. Motori a corrente alternata a collettore. Diagramma di funzionamento e commutazione. Motori a corrente ondulata. Motore a corrente alternata trifase con regolazione di frequenza e di tensione. Frenatura elettrica con i vari tipi di motori (reostatica o a recupero). Indicazioni sui principali tipi di motori di servizio. Cenni sul motore lineare.

5) *Mezzi di trazione in corrente continua* - Macchine con apparecchiature tradizionali; circuiti ed apparecchiature di trazione ed ausiliarie: pantografi, interruttore extrarapido, reostato, combinatori, motori ausiliari ecc. Macchine con apparecchiature di nuova concezione (elettroniche). Principio di funzionamento di chopper, inverter, e converter. Disturbi provocati dagli azionamenti a tiristori: rimedi e protezioni.

6) *Mezzi di trazione a corrente alternata monofase* - Macchine con apparecchiature tradizionali. Trasformatori e graduatori. Macchine con raddrizzatori e tiristori. Problemi provocati dai distrubi.

7) *Trazione termica* - Trazione a vapore e diesel. Cenni sulla turbina.

8) *Sistemi di trasmissione nella trazione diesel* - Meccanico, idraulico, elettrico. Giunto idraulico e convertitore di coppia.

9) *Trasmissione diesel-elettrica* - Tipi di alimentazione a c.c., o a c.a. Problemi di regolazione.

10) *Mezzi di trazione diesel* - Locomotiva di trazione e di manovra.

11) Evoluzione degli equipaggiamenti di trazione.

Testi consigliati

F. PERTICAROLI, *Trazione elettrica*, Ed. Universitarie Bignami, 1973.
M. TESSIER, *Traction electrique et thermo-electrique*, Ed. Riber, 1978.
Dispense del corso di "Trazione e propulsione".

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA 2004

Programmi delle materie di insegnamento

Per le seguenti materie del biennio propedeutico:

1350 Analisi matematica I
1354 Analisi matematica II
1364 Disegno
1368 Fisica I
1373 Fisica II
1376 Geometria
1380 Meccanica razionale

e per le seguenti materie del triennio di applicazione
6797 Fisica tecnica

v. Corso di Laurea in Ingegneria Elettrotecnica.

5801
ANALISI DEI SISTEMI DELL'INGEGNERIA CHIMICA
Docente: **Gigliola Spadoni** prof. ass.

Finalità del corso

Il corso fornisce elementi per lo studio di problemi connessi con lo sviluppo di un processo e con l'analisi dei rischi negli impianti. Particolare attenzione è rivolta a metodologie per il progetto automatico e la simulazione degli impianti chimici, a metodi per la ricerca della configurazione ottima di un impianto o di sue sezioni e a tecniche di analisi quali-quantitative di alberi dei guasti.

Programma

Parte I. Analisi del flow-sheet di un impianto chimico. Metodi di rappresentazione del flow-sheet: schema a blocchi, diagramma di flusso di informazioni, grafo direzionato. Tecniche di decomposizione dei grafi direzionati: algoritmi di ricerca

dei sottosistemi irriducibili, dei sistemi disgiunti. Problema del "tearing". Caratteristiche di un programma generale di simulazione delle condizioni di marcia di un impianto. *Bilanci di materia ed energia per un impianto chimico*. Sistemi di equazioni algebriche non lineari a elevate dimensioni: alcuni metodi di decomposizione. Metodi di risoluzione simultanea dei sottosistemi: Newton, Marquardt, gradiente. Metodi iterativi.

Parte II. Sintesi di un processo. Ricerca della configurazione ottimale di sezioni di un impianto con metodi euristici, strategie evolutive, metodi di ricerca diretta. *Sintesi di reti di scambiatori.* Metodo grafico mediante diagramma del contenuto termico, metodo euristico di Ponton, strategia evolutiva di modificazione della rete ad area minima. *Sintesi di processi di separazione*. Criteri euristici di largo utilizzo; metodi diretti: programmazione dinamica e "branch and bound". Sistemi di separazione con integrazioni energetiche.

Parte III. Analisi dei rischi. Evento critico (TOP EVENT), eventi base e fault-tree. Analisi qualitativa del fault-tree tramite un algoritmo di ricerca dei minimi "cut-sets". Cenni di teoria dell'affidabilità per il calcolo di probabilità di guasto dei componenti riparabili e non. Probabilità del TOP EVENT. Elementi per la sintesi automatica di un fault-tree.

Testi consigliati

G. BIARDI, S. PIERUCCI, *L'analisi dei sistemi dell'ingegneria chimica*, CLUP, Milano, 1974.
A.W. WESTERBERG et al., *Process flowsheeting*, Cambridge University Press, 1979.
D.F. RUDD, G.J. POWERS, J.J. SIIROLA, *Process synthesis*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.Y., 1973.
G. APOSTOLAKIS, S. GARRIBA, G. VOLTA, (Editors), *Synthesis and analysis methods for safety and reliability studies*, Plenum Press, N.Y., 1980.

Esame orale

Propedeuticità consigliate: Impianti Chimici, Chimica Industriale.

6462
CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE (per Chimici, Meccanici e Minerari)
Docente: **Antonio Natali** prof. inc.

Scopo del corso:

- 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.

Interpolazione (metodo polinomiale, delle differenze divise, di Lagrange, dei minimi quadrati). Zeri di un polinomio. Zeri di una funzione (metodo di bisezione, delle tangenti, delle corde). Operazioni su matrici. Soluzione di sistemi di equazioni lineari (metodo di Gauss, di Gauss-Jordan, di Crout, di Cholesky). Introduzione al problema dei grandi sistemi sparsi di equazioni (metodi di risoluzione ridotti, algoritmi di riordinamento delle equazioni, matrici a banda). Differenziazione numerica. Calcolo degli integrali (metodo dei trapezi, di Simpson, di Gauss). Integrazione di equazioni differenziali alle derivate ordinarie (metodo di Eulero, di Eulero modificato, di Runge-Kutta). Introduzione al problema dell'ottimizzazione.

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

Testi consigliati.

Sono disponibili appunti e dispense informali approvate dal docente.

1360

CHIMICA (per Chimici, Elettrotecnici, Nucleari)

Docente: **Piero Manaresi** prof. ord.

Programma

Struttura atomica — Le particelle costitutive dell'atomo - Grandezza e massa degli atomi - Isotopi - Peso atomico relativo - Il nucleo: numero di massa e numero atomico - Difetto di massa - Stabilità ed instabilità nucleare - Radioattività e velocità di disintegrazione - Struttura elettronica dell'atomo di idrogeno: il principio di indeterminazione - La funzione d'onda ed il suo significato - Numeri quantici ed orbitali; livelli energetici per l'atomo di idrogeno - Orbitali atomici in atomi con più elettroni - Distribuzione degli elettroni negli atomi: occupazione progressiva degli orbitali - Sistema periodico degli elementi e variazione periodica delle proprietà.

Legame chimico — Il legame ionico - Il legame covalente; orbitali molecolari - Legame polarizzato - Geometria molecolare ed orbitali ibridi - Legami multipli - Risonanza - Legame di coordinazione - Legame metallico - Legami deboli tra le molecole.

Reazioni chimiche ed equilibrio — Formule chimiche - Calcoli stechiometrici - Le reazioni di ossidoriduzione - 1° principio della termodinamica ed energie in gioco nelle reazioni - Entalpie standard e calcoli termochimici - Probabilità termodinamica di

stato ed entropia - Energia libera e condizioni di spontaneità di una reazione; equilibrio chimico - Influenza della temperatura sulla costante di equilibrio - Spostamento dell'equilibrio per variazioni di concentrazione o di pressione - Equilibri eterogenei - Cenni sui sistemi non ideali - Equilibri ionici in soluzione acquosa: autoprotolisi dell'acqua, pH, acidi, basi e sali - Idrolisi dei sali, elettroliti anfoteri, soluzioni tampone, indicatori - Prodotto di solubilità - Elettrochimica: potenziali elettrodici, pile, equazione di Nernst - Serie dei potenziali standard - Corrosione elettrochimica - Conducibilità elettrica delle soluzioni ed elettrolisi: le leggi di Faraday - Cinetica chimica: la velocità di una reazione e l'equazione cinetica - Reazioni elementari e reazioni in più stadi - Influenza della temperatura sulla velocità di reazione; il complesso attivato e la teoria delle collisioni - Catalisi omogenea ed eterogenea.

Gli stati di aggregazione della materia — Equazione di stato dei gas perfetti ed equazione di Van der Waals per i gas reali - Proprietà fisiche dei liquidi; tensione di vapore - Composizione delle soluzioni - Soluzioni liquide ideali e leggi di Raoult - Solidi cristallini e tipi diversi di strutture: cristalli ionici, covalenti molecolari, covalenti atomici, metallici - Soluzioni solide - Equilibri tra fasi e regola delle fasi - Sistemi ad un componente ed equazione di Clausius-Clapeyron - Diagrammi di stato di sistemi ad uno e a due componenti.

Elementi di chimica inorganica e di chimica organica — Famiglie di elementi tipici: metalli alcalini ed alcalino-terrosi, elementi del terzo (B, Al), quarto (C, Si, Sn, Pb), quinto (N, P), sesto (O, S) e settimo (F, Cl) gruppo - Alcuni esempi nel caso di metalli di transizione - Idrocarburi alifatici ed aromatici - Principali gruppi funzionali organici - Nomenclatura IUPAC dei composti inorganici e dei composti organici.

Testi consigliati:

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di chimica*, ed. UTET, Torino.
BRESCHI-MASSAGLI, *Stechiometria*, ed. G. Pellegrini, Pisa.

Esami: discussione orale di argomenti svolti nel corso, eventualmente preceduta da una prova scritta consistente in esercizi e calcoli numerici.

6792
CHIMICA APPLICATA (per Chimici)
Docente: **Luciano Pentimalli** prof. ord.

Programma

Nella prima parte vengono riprese le leggi generali della Chimica e applicate a problemi reali di *stechiometria*, alle miscele gassose, alle soluzioni, ai processi di combustione, come introduzione alla termodinamica chimica e ai bilanci di sistemi aperti. Vengono ripresi e ampliati i concetti di sistema, fase, equilibrio nei sistemi eterogenei, con discussione dei modelli più comuni di diagrammi di stato,

ad uno o più componenti.

La seconda parte sviluppa argomenti tradizionali, concernenti materiali e servizi per l'industria chimica. Il Corso comprende:

Il problema dell'*acqua* nell'industria. Approvvigionamento, utilizzazione, depurazione. Acque di raffreddamento, di processo, per caldaie; acque di scarico: trattamenti fisici, chimici, biologici. Problemi di inquinamento da scarichi industriali. Sfruttamento dell'acqua del mare.

Leganti aerei e idraulici: calci, cementi, malte, calcestruzzi. Norme italiane.

Il problema dell'energia. *Combustibili* e *carburanti* convenzionali (combustione, carboni fossili e derivati, gas naturali e tecnici, petrolio e prodotti di raffineria). Problemi di inquinamento da fumi. Fonti di energia sostitutive non tradizionali. *Lubrificanti.*

Materiali polimerici (plastomeri, elastomeri, materiali fibrosi). Proprietà chimico-fisiche, relazioni tra proprietà e struttura, valutazione tecnologica, lavorabilità e lavorazione.

Il Corso è integrato da esercitazioni numeriche e pratiche.

Propedeuticità consigliate:

E' indispensabile aver superato l'esame di Chimica e aver frequentato le lezioni di Chimica Organica.

Testi consigliati:

Disegni, diagrammi e tabelle utilizzati durante le lezioni, assieme a dispense dattilografate, vengono messi a disposizione degli studenti all'inizio del Corso stesso. Per la parte di Stechiometria, v.a.:

HOUGHEN, WATSON, RAGATZ, *Principî dei processi chimici*, vol. I, Ed. Ambrosiana;

BRESCHI-MASSAGLI, *Stechiometria*, Ed. Pellegrini;

NYLEN, WIGREN, *Stechiometria*, Ed. Cedam.

Esami orali, preceduti da una prova scritta di calcoli di bilancio, stechiometria e termochimica.

Tesi di laurea su argomenti del corso, comprendenti bilanci di energia e di materia e dimensionamenti di massima nell'ambito del processo studiato, e verifica di confronto con impianti reali, con eventuali brevi stages presso stabilimenti industriali in località a scelta dello studente.

115

CHIMICA E TECNOLOGIA DEI PRODOTTI CERAMICI

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

Il corso si propone la formazione dell'ingegnere chimico per la tecnologia di produzione dei materiali ceramici tradizionali e sociali e per la conoscenza dei fenomeni ceramici e delle caratteristiche dei prodotti.

Programma:

Introduzione al corso - La ceramica, i ceramici, definizioni e classificazioni.

Le materie prime - I silicati, la silice, le argille, le materie prime non silicatiche.

Le caratteristiche delle materie prime - Granulometria, stato colloidale, plasticità, scambio ionico flocculazione e deflocculazione, plasticità e lavorabilità, fusibilità.

Le operazioni tecnologiche - Estrazione, purificazione, macinazione delle materie prime. Formatura: a secco, in plastico, a colo. Essicamento: parametri, impianti. Cottura: diagrammi di stato ceramici, caratteristiche dei forni, combustibili, infornatura, impianti, strumenti di controllo.

I prodotti - Laterizi, piastrelle, leganti, argille espanse, tubi, vetri e smalti, stoviglieria, sanitari, artistici, tecnici, speciali elettrici e magnetici, refrattari, abrasivi.

Caratteristiche dei prodotti - Caratteristiche meccaniche, elettriche, magnetiche, dimensionali, termiche; le caratteristiche d'esercizio.

I metodi di analisi, controllo e misure - I metodi in stabilimento; i metodi in laboratorio.

L'inquinamento da industria ceramica - Gli scarichi idrici; le emissioni in atmosfera; l'ambiente di lavoro.

Testo consigliato:

G. ALIPRANDI, *Ceramurgia e Tecnologia ceramica.*

Esami orali.

Tesi di laurea con indirizzo applicativo; in particolare, con riferimento alla progettazione di particolari di impianti produttivi, allo studio di fenomeni chimico-fisici inerenti alla produzione ceramica, allo studio dell'origine degli inquinamenti e degli impianti di depurazione.

122

CHIMICA FISICA

Docente: **Paolo Chiorboli** prof. ord.

Il corso si propone di fornire all'allievo ingegnere chimico la preparazione di termodinamica e di cinetica chimica necessaria per i corsi successivi (Principi di ingegneria chimica, Impianti chimici, Chimica industrale) che trattano i processi ed i fenomeni che regolano il funzionamento degli apparati dell'industria chimica.

Programma

Parte I - Termodinamica chimica.

a) Concetti generali di termodinamica fondamentale. Sistemi termodinamici. Gran-

dezze termodinamiche intensive ed estensive. Grandezze molari e grandezze molari parziali. L'energia interna e il I principio. Lavoro e calore in gioco in una trasformazione. Entalpia. Capacità termiche molari. Effetto Joule-Thomson. Processi naturali e processi reversibili. Il II principio e l'entropia. Il III principio e l'entropia allo zero assoluto. Il principio dell'incremento dell'entropia nei sistemi isolati. Funzioni ausiliarie: energia libera e funzione lavoro. Condizioni di spontaneità di una trasformazione e di equilibrio.

b) Le equazioni fondamentali della termodinamica per sistemi aperti o per sistemi chiusi a composizione variabile. Il potenziale chimico. Condizione di spontaneità di una reazione a T e P costanti e condizione di equilibrio.

c) Tipi di relazioni matematiche fra le grandezze termodinamiche ed espressioni delle grandezze stesse in funzione delle variabili di stato.

d) Sistemi gasosi. Gas ideali e non ideali. Equazioni di stato generali per i gas non ideali. Fattore di comprimibilità. Stati corrispondenti di gas diversi e metodi generalizzati di espressione e di calcolo del fattore di comprimibilità di un gas qualunque. Metodi di calcolo delle grandezze termodinamiche di un gas non ideale, con particolare riguardo all'uso di diagrammi generalizzati. Espressione della energia libera molare d'un gas ideale e sua estensione ai gas non ideali; fugacità ed attività d'un gas puro e scelte convenzionali degli stati standard. Metodi di calcolo della fugacità di un singolo gas, con particolare riferimento all'uso di diagrammi generalizzati. Sistemi gasosi a più componenti, ideali e non ideali; le leggi di Amagat e di Dalton e le loro conseguenze riguardo al calcolo delle grandezze termodinamiche di miscele gasose; condizioni pseudocritiche d'una miscela di gas.

e) Sistemi allo stato condensato. Sistemi a un solo componente: equilibri tra fasi diverse; equazione di Clapeyron, equazioni per la pressione di vapore di un liquido; effetto di un secondo gas sulla pressione di vapore di un liquido. Soluzioni: proprietà generali ed equazioni termodinamiche generali; soluzioni ideali e non ideali; attività dei componenti d'una soluzione non ideale; equilibri liquido-vapore e composizione delle due fasi in equilibrio; miscele azeotropiche; equilibri di congelamento, di solubilità, di ripartizione; equazioni per il calcolo dei coefficienti di attività in soluzioni binarie (eq. di Margules e di Van Laar); effetti termici nelle soluzioni non ideali: calori di soluzione e di diluizione.

f) Termodinamica della reazione chimica. Effetto termico di reazione e suo calcolo. Variazione d'energia libera e grado di avanzamento d'una reazione fino allo equilibrio. Reazioni termodinamicamente favorite e non favorite: "posizione" dell'equilibrio. Espressioni della costante di equilibrio per diversi tipi di reazioni, in sistemi omogenei ed eterogenei. Analisi dei fattori che possono influire sulla composizione di un sistema chimico a equilibrio raggiunto. Variazione della costante di equilibrio con la temperatura. Calcolo del rendimento massimo d'una reazione all'equilibrio. Reazioni simultanee: individuazione delle reazioni indipendenti e calcolo della composizione del sistema all'equilibrio.

g) L'equilibrio nei sistemi polifasici, deduzione della regola delle fasi e discussione del suo significato e delle sue applicazioni.

Parte II - Cinetica chimica.

Concetto di velocità di reazione e sue diverse espressioni. Equazioni cinetiche e loro determinazione sperimentale. Meccanismi di reazione: il complesso attivato. Processi cinetici elementari e compositi. Ordine e molecolarità. Teoria microscopica dei processi elementari in fase gasosa: collisioni molecolari reattive; energia di attivazione; fattore sterico; velocità di reazione e temperatura. Analisi dei principali tipi di reazioni complesse: reazioni parallele, consecutive, opposte (l'equilibrio chimico dal punto di vista cinetico); reazioni a catena. Reazioni in soluzione; effetti cinetici salini. Reazioni catalitiche; l'azione dei catalizzatori; reazioni catalitiche omogenee in fase gasosa e in soluzione; reazioni catalitiche eterogenee: isoterme di adsorbimento ed equazioni cinetiche.

Testi consigliati:

Per la termodinamica:

DENBIGH, *I principi dell'equilibrio chimico*, (traduz. ital.; Casa editrice Ambrosiana, Milano);

HOUGEN, WATSON, RAGATZ, *Principi dei processi chimici* (vol. I: Bilanci di materia e di energia: vol. II: Termodinamica - Traduz. ital.; Casa Ed. Ambrosiana, Milano).

Appunti delle lezioni del titolare del corso.

Per la cinetica:

LAIDLER, *Chemical Kinetics* (McGraw Hill, New York).

CARRA'-FORNI, *Aspetti cinetici della teoria del reattore chimico*, Tamburini, Milano.

Propedeuticità consigliata: Fisica tecnica (per la termodinamica generale).

Il corso è accompagnato da *esercitazioni* applicative inerenti a calcoli di termodinamica chimica.

Esami: discussione orale di argomenti svolti nel corso, preceduta da una prova scritta concernente calcoli del tipo di quelli svolti nelle esercitazioni.

Tesi di laurea di indirizzo teorico, concernenti l'approfondimento di alcuni temi di termodinamica chimica, in particolare sulle teorie dello stato liquido e delle soluzioni, o riguardanti la determinazione di proprietà termodinamiche con metodi sperimentali chimico-fisici.

4123

CHIMICA FISICA DEI POLIMERI

Docente: **Francesco Pilati** prof. inc.

Il corso si propone la finalità di fornire i concetti di base per la comprensione del comportamento chimico-fisico e dei processi di sintesi dei materiali polimerici in relazione alle loro caratteristiche applicative.

Programma

Parte I: definizioni fondamentali e derivate; cenni di nomenclatura; classificazione dei materiali polimerici. Composizione, costituzione e configurazioni delle macromolecole. Conformazione delle macromolecole isolate, in soluzione diluita, in massa e nella fase cristallina. Stato amorfo e cristallino nei polimeri, definizioni, proprietà e metodi di misura. Termodinamica delle soluzioni di polimeri; teoria del reticolo, equazioni per grandezze termodinamiche da essa ricavabili, cenni a teorie più recenti. Pesi molecolari, definizione delle diverse medie, funzioni e momenti della distribuzione, metodi sperimentali di misura.

Parte II: Aspetti generali relativi alle relazioni di polimerizzazione, aspetti termodinamici e cinetici, classificazione e caratteristiche dei principali metodi di polimerizzazione. Polimerizzazioni a catena radicalica, cationica, anionica e stereospecifica: discussione dei singoli stadi dei processi, schema cinetico e trattamento di diversi casi possibili, effetto di temperatura e pressione su velocità di polimerizzazione e grado di polimerizzazione medio numerico. Polimerizzazioni a stadi: polimerizzazione di equilibrio e di non equilibrio, bifunzionale e polifunzionale, correlazione di alcune variabili con peso molecolare e distribuzione dei pesi molecolari. Copolimerizzazioni: definizioni, equazione di copolimerizzazione per copolimerizzazioni a catena, copolimeri a blocchi e ad innesto. Degradazione: casi limiti di degradazione statistica e depolimerizzazione, cenni ai diversi tipi di degradazione (termica, ossidativa, fotochimica, ecc.).

A complemento delle lezioni teoriche si terranno *esercitazioni* parte di calcolo e parte in laboratorio.

Propedeuticità consigliate: Chimica applicata, Chimica fisica, Chimica organica, Scienza dei materiali.

Testi consigliati:

I concetti fondamentali degli argomenti trattati saranno raccolti in forma di dispense e messi a disposizione degli studenti. Per un approfondimento degli argomenti trattati si consigliano i seguenti testi disponibili per la consultazione presso la biblioteca dell'istituto chimico:

H.G. ELIAS, *Macromolecules*, J. Wiley and Sons.

G. CHAMPETIER, L. MONNERIE, *Introduction a la chimie macromoleculaire*, Ed. Masson, Paris.

A.D. JENKINS, *Polymer science. A material science handbook*, vol. 1, 2, North Holland, Amsterdam.

P.W. BILLMAYER, *Textbook of polymer science*, Wiley-Interscience, New York.

Altri testi potranno essere consigliati a richiesta degli studenti.

La prova d'esame consiste in un colloquio sugli argomenti svolti nel corso.

137
CHIMICA INDUSTRIALE
Docente: **Franco Magelli** prof. ass.

Nel corso sono 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 delle diverse conoscenze acquisite dallo studente nei corsi fondamentali del piano degli studi in Ingegneria Chimica, nonchè di alcune nozioni di economia e di criteri elementari di scelta dei processi di separazione, illustrati nella prima parte del corso. Viene anche presentato un quadro generale sulla struttura e le caratteristiche dell'industria chimica in generale e dell'industria chimica italiana in particolare.

Programma:

Parte I. Cenni di economia. Investimenti. Costi. Redditività. *Struttura e caratteristiche dell'industria chimica.* Materie prime per l'industria chimica 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 primaria, derivata, secondaria. *Industria chimica italiana.* Strutdella produzione. *Termodinamica chimica.* Richiami. Attuabilità di una reazione chimica. Calcolo di grandezze termodinamiche con il metodo dei contributi di gruppo. Lavoro minimo. *Processi di separazione.* Classificazione. Lavoro di separazione di una miscela. Analisi delle cause di perdita per una colonna di distillazione. Distillazione estrattiva ed azeotropica; adsorbimento. Legame tra proprietà molecolari e possibilità di impiego del processo. Criteri di scelta. Principali apparati per la separazione dei sistemi solido-gas e solido-liquido. *Sicurezza (cenni).* Sicurezza nella progettazione; dispositivi di protezione; albero degli eventi e dei guasti. "Case histories".

Parte II. Gas di sintesi. Reforming con vapore acqueo di metano ed idrocarburi liquidi vaporizzabili. Ossidazione parziale di idrocarburi. Reforming secondario. Conversione del CO. Purificazione (anidride carbonica, composti solforati, CO residuo): principali procedimenti e processi.

Sintesi dell'ammoniaca. Termodinamica della reazione; catalizzatori; reattori. Compressione dei gas; separazione del prodotto. Principali processi. *Metanolo. Idrogeno. Idrodesolforazione di prodotti petroliferi. Frazionamento dell'aria.* Cicli termodinamici di liquefazione: Linde semplice, a doppia espansione, con refrigerante ausiliario; Claude. Analisi delle cause di perdita; efficienza dei cicli. Colonna doppia di Linde. Scambiatori di calore e rigeneratori. Purificazione dell'aria. Schemi completi di impianto. Recupero di gas rari. *Acido nitrico.* Ossidi di azoto: dagli elementi; per ossidazione parziale di ammoniaca. Ossidazione di NO; dimerizzazione; assorbimento. Processo Montedison a media pressione. Concentrazione dell'acido. Inquinamento da ossidi di azoto. *Fertilizzanti.* Classificazione e mercato. Granulazione e prilling. Nitrato d'ammonio. Urea: aspetti termodinamici e cinetici; processi Montedison e Snam.

Progetti. *Acido solforico*. Anidride solforosa; conversione; assorbimento. Schema di impianto. Inquinamento da gas solforosi. *Soda Solvay*. Discussione termodinamica. Bicarbonato sodico: produzione, filtrazione, decomposizione. Recupero dell'ammoniaca. Schema completo di impianto. *Cloro/soda*. Serie elettrochimica degli elementi. Rendimenti. Elettrodi. Celle a diaframma, ad amalgama, a membrana. Celle de Nora e Hooker. Impieghi della soda elettrolitica e del carbonato sodico.

Materiale didattico

1) I. PASQUON, *Chimica Industriale I*, CLUP, Milano, 1970.
2) G. NATTA, I. PASQUON, *Principi della Chimica Industriale*, vol. I, Tamburini, Milano, 1966.
3) G. NATTA, I. PASQUON, P. CENTOLA, *Principî della chimica Industriale*, vol. II, CLUP, Milano, 1978.
4) Raccolta di schemi e diagramma illustrati a lezione.

Elenco di testi consigliati e programma dettagliato sono disponibili presso l'Istituto di Impianti Chimici.

Esame: prova scritta concernente bilanci materiale ed energetici, calcoli sull'equilibrio chimico omogeneo ed eterogeneo, valutazioni economiche; discussione orale di processi industriali.

Propedeuticità consigliate: Chimica organica, Princìpi di Ingegneria Chimica, Impianti Chimici, Impianti Chimici II.

Tesi di Laurea: Analisi di processi industriali. Confronto e valutazione di alternative di processo e/o impianto. Tesi sperimentali sulla modellazione di reattori agitati eterogenei.

148
CHIMICA ORGANICA
Docente: **Leonardo Marchetti** prof. ord.

Lo scopo del corso è di dare allo studente una conoscenza non mnemonica dei più importanti processi della Chimica Organica, affrondadoli da un punto di vista unificante quale è quello dello studio dei principali meccanismi di reazione caratteristici dei processi organici. Il corso ha anche lo scopo di approfondire concetti generali esposti nel corso di Chimica del primo anno, e di fornire materiale per i successivi corsi chimici del piano di studio della Sezione.

Programma

Richiami sul legame chimico e sulla struttura atimica e molecolare. L'isomeria in Chimica Organica. Nomenclatura e reazioni degli idrocarburi e delle più importanti famiglie di composti organici. Delocalizzazione elettronica e risonanza.

Stereoisomeria (cenni). Effetti induttivi, di risonanza e sterici. I meccanismi delle reazioni organiche: principi generali. Reazioni di sostituzione ed eliminazione in serie alifatica. Reazioni di addizione ad alcheni ed alchini. Reazioni di aldeidi e chetoni, degli acidi carbossilici e dei loro derivati. Trasposizioni molecolari. Reazioni di sostituzione aromatiche. Carboidrati (cenni). Amminoacidi e peptidi (cenni). Composti eterociclici (cenni). Macromolecole e polimeri: concetti fondamentali.

Testo consigliato

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

2030
COSTRUZIONI DI APPARECCHIATURE CHIMICHE
Docente: **Vincenzo Dal Re** prof. ass.

Il corso 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, nonchè agli aspetti della affidabilità e della sicurezza di esercizio.

Programma

Organizzazione del corso: 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 elastico 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

HARWEY, *Pressure Vessel Design*, Van Nostrand
TIMOSHENKO, WOINOWSKY, KRIGER, *Theory of Plates and Shells*, McGraw-Hill.
Norme ASME; Norme ANCC
Durante lo svolgimento del corso verranno redatte Dispense.

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

Esami orali.

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

5690
COSTRUZIONI PER L'INDUSTRIA
Docente: **Claudio Comani** prof. ass.

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Civile Edile).

8545
DINAMICA E CONTROLLO DEI PROCESSI CHIMICI
Docente: **Gabriele Pasquali** prof. ass.

Nel corso 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.

Programma

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 piú 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 piú 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 contro-corrente. Determinazione dei parametri caratteristici dalla risposta dinamica.

Trattazione approssimata per sistemi dinamici.

Stabilità, definizioni 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 sistemi 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:

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.

6793
ELETTROTECNICA (per Chimici e Minerari)
Docente: **Maria Laura Ambrosini** prof. inc. stab.

Programma

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.

Il corso è integrato da *esercitazioni* numeriche.
L'*esame* consiste normalmente in una prova scritta e in una prova orale.

501
IMPIANTI CHIMICI
Docente: **Ugo Lelli** prof. ord.

Oggetto del corso è lo studio di una prima parte delle operazioni fondamentali (unit operations). Scopo del corso 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.

Programma

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. *Assorbimento e stripping.* Specificazione delle apparecchiature di assorbimento. Calcolo delle colonne d'assorbimento a piatti. Metodi grafici e analitici per sistemi a uno e più componenti. - Fluodinamica 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: metodo di McCabe-Thiele e metodo entalpia concentrazione. Calcolo colonne di distillazione di sistemi a più componenti: metodo 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.*

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: **Alceo Gatta** prof. ass.

Finalità del corso:

Oggetto del corso è, da un lato, lo studio di alcune operazioni fondamentali dell'industria chimica, a completamento dell'argomento già in parte trattato nel corso 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 moto di fasi fluide. Il problema della determinazione delle perdite di carico per il moto di fluidi nelle situazioni tipiche dell'ingegneria chimica. 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. Calcolo del diametro ottimo di un condotto. 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.

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 et eterogenei e per sistemi complessi di reazioni chimiche: reazioni catalitiche, reazioni enzimatiche, reazioni a catena con particolare riferimento alle reazioni di polimerizzazione. Elementi di catalisi eterogenea: adsorbimento fisico e chemi-adsorbimento; processi diffusivi all'esterno e all'interno del catalizzatore. Fattore di efficienza di un catalizzatore: definizione e calcolo per le geometrie tipiche in condizioni isotermiche e no. Criteri pratici per la determinazione del regime dominante il processo catalitico. Reazioni gas-liquido: generalità e individuazione dei parametri caratteristici di calcolo di un reattore gas-liquido.

I modelli ideali di un reattore chimico e gli elementi fondamentali di calcolo in condizioni isotermiche e no, in presenza di una reazione singola e di un sistema complesso di reazioni chimiche; resa, selettività e problemi di otti-

mo. Analisi del funzionamento di un reattore chimico: determinazione dello stato stazionario; molteplicità di stati stazionari; stabilità di uno stato stazionario. Batterie di reattori chimici: generalità e studio di alcune situazioni tipiche. Reattore adiabatici a stadi multipli: problemi di ottimo. Considerazioni sugli scostamenti dei reattori chimici dai modelli fluodinamici ideali. Elementi di calcolo di reattori catalitici eterogenei. Modelli di calcolo per reattori a letto fisso e a letto mobile.

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

Testi consigliati:

Per la teoria del reattore chimico:

G.F. FROMENT, K.B. BISCHOFF, *Chemical Reactor Analysis and Design*, J. Wiley and Sons, New York, 1979.

O. LEVENSPIEL, *Ingegneria delle reazioni chimiche*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 1978.

K.G. DENBIGH, J.C.R. TURNER, *Teoria dei reattori chimici*, Principi Generali, Etas Libri, Milano, 1978.

A. ARIS, *Elementary Chemical Reactor Analysis*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1969.

Per i rimanenti argomenti del programma, i testi e i manuali usuali che trattano delle operazioni unitarie dell'industria chimica.

Per alcuni argomenti verrà fatto, di volta in volta, riferimento a trattazioni specifiche reperibili in letteratura.

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. Durante lo svolgimento del corso vengono effettuate alcune prove scritte il cui superamento consente di accedere direttamente al colloquio orale; la partecipazione alle prove scritte "in itinere" è facoltativa.

663
MACCHINE (per Chimici e Minerari)
Docente: **Piero Pelloni** prof. ass.

Il corso ha per fine lo studio delle macchine a fluido e dei cicli relativi.

Programma

– Cicli di turbine a gas (semplici, con recupero di calore, con espansione e compressione multiple).
– Cicli a vapore d'acqua e cicli binari.

– Cicli e circuiti frigoriferi a compressione ed assorbimento.
– Generatori di vapore: richiami sulla combustione e sugli scambiatori di calore.
– Architettura dei generatori stessi.
– Macchine motrici: turbine a vapore ad azione e reazione, motori a combustione interna, turbine idrauliche.
– Macchine operatrici: compressori alternativi, centrifughi ed assiali; pompe centrifughe, soffianti. Pompe alternative.

Testi consigliati:

S. FABBRI, *Appunti di meccanica applicata alle macchine e macchine*, (Pàtron, Bologna).
G. MINELLI, *Turbine a gas*, (Pàtron, Bologna).
G. MINELLI, *Macchine idrauliche*, (Pàtron, Bologna.

Propedeuticità consigliate: Fisica Tecnica, Meccanica Applicata alle Macchine.

1385
MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE (per Chimici e Minerari)
Docente: **Edzeario Prati** prof. ass.

Il corso si propone di fornire gli elementi per lo studio delle macchine dal punto di vista statico, cinematico e dinamico.

Programma

Viene inizialmente affrontato lo studio della composizione dei meccanismi, delle forze agenti sulle macchine e della lubrificazione: gradi di libertà di un meccanismo, forze interne, lavoro di attrito, rendimento, usura, coppie cinematiche in condizioni di attrito secco, coppie cinematiche lubrificate.

I concetti generali introdotti vengono poi applicati nello studio dei principali meccanismi impiegati nella trasmissione del movimento: sistemi articolati, meccanismi con sagome e camme, rotismi, meccanismi con organi flessibili.

Nella seconda parte del corso si esaminano gli aspetti fondamentali della dinamica delle macchine: forze di inerzia, masse di sostituzione, oscillazioni dei sistemi ad un grado di libertà, isolamento delle oscillazioni, equilibratura e velocità critiche dei rotori, compensazione delle azioni di inerzia nelle macchine alternative, regolarità del moto delle macchine.

La parte finale del corso viene dedicata allo studio del dimensionamento di organi di macchine (alberi, perni, cuscinetti volventi, cuscinetti a lubrificazione idrodinamica, ruote dentate, giunti, innesti, tenute) con riferimento ad applicazioni di rilevante interesse nell'ingegneria chimica e mineraria.

Testo consigliato:

FUNAIOLI E., *Meccanica applicata alle macchine*, vol. 1, 2, ed. Pàtron, Bologna.

Esercitazioni: relative ad argomenti trattati nel corso.

Esami orali: con almeno una delle domande relativa ad un esercizio.

2021

METALLURGIA E METALLOGRAFIA

Docente: **Giorgio Poli** prof. ass.

Finalità del corso: Caratterizzazione dei materiali metallici e loro comportamento in esercizio.

Programma

Richiami di chimica-fisica con particolare riguardo a problemi di interesse metallurgico: equilibri di ossido-riduzione e diagrammi variazione di energia libera-temperatura; soluzioni ideali e reali; diagrammi di stato.

Cenni di metallurgia fisica: caratteristiche dei metalli e leghe allo stato liquido; stato solido con elementi di cristallografia; passaggio di stato liquido-solido: nucleazione omogenea ed eterogenea, solidificazione di leghe binarie, fenomeni di segregazione; struttura delle leghe metalliche: soluzioni solide, fasi intermedie, eutettici; struttura reale dei solidi cristallini: stato difettivo dei metalli; evoluzione dello stato difettivo dei metalli in seguito a trattamenti meccanici, termici, termomeccanici; valutazione delle proprietà meccaniche dei metalli; rinforzo dei materali metallici in ragione del loro impiego pratico: trasformazioni martensitiche, tempra di soluzione, rinforzo per dispersione.

Metallurgia estrattiva: siderurgia: aspetti chimico-fisici della siderurgia; teoria della riduzione degli ossidi di ferro; reazioni carbonio-ossigeno; problema dello zolfo e del fosforo; reazioni del cromo, del manganese e del silicio; gas nei metalli; la fabbricazione della ghisa: l'altoforno e sua termochimica; conversione ghisa-acciaio: processo LD, forno Martin-Siemens, acciaio al forno elettrico; caratteristiche meccaniche dei prodotti siderurgici e loro miglioramento: le ghise comuni e speciali, trattamenti termici degli acciai, funzione degli elementi di alligazione, acciai tipizzati per i diversi impieghi; nomenclatura degli acciai.

Metallurgia non ferrosa: problemi di carattere generale; le metallurgie termiche: zinco, piombo, rame, stagno, nichel; metallo-alogenotermia: titanio, zirconio, uranio; la metallurgia elettrochimica: problemi generali; idroelettrometallurgia e elettrometallurgia in sali fusi; preparazione dell'alluminio; alluminotermia: cromo.

Impiego dei materiali metallici in condizione operative speciali: materiali per alte e basse temperature, di elevata resistenza meccanica; materiali resistenti nei diversi ambienti corrosivi; leghe leggere; leghe antifrizione.

La corrosione secca: aspetti termodinamici e cinetici. La corrosione a umido per contatto, vaiolatura, intergranulare, sotto sforzo, per fatica, per sfregamento. Danneggiamento dei materiali metallici da gas. Tecniche di prevenzione della corrosione.

Testi consigliati

J. BENARD, A. MICHEL, J. PHILIBERT, J. TALBOT, *"Métallurgie Générale"*, Masson & Cie Editeurs, Paris 1969.
G. VIOLI, *Processi Siderurgici*, ETAS KOMPASS, Milano 1972.

Propedeuticità consigliate: Chimica applicata, Chimica Fisica.

814
PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA
Docente: **Franco P. Foraboschi** prof. ord.

Il corso poliennale di Principi di ingegneria chimica ha per oggetto lo studio dei modelli fisici e matematici di base, sui quali si fondano progettazione funzionale e simulazione degli apparati dell'industria chimica; lo studio è indirizzato verso una conoscenza "operativa" di detti modelli, tale cioè da consentire all'allievo la schematizzazione dei principali processi che hanno luogo negli apparati dell'industria chimica.

Nel primo corso viene studiato il modello di impianto chimico come rete di correnti materiali ed energetiche colleganti un sistema di "scatole nere".

Programma

1. Introduzione

a) L'impianto chimico come sistema termodinamico: definizioni, ipotesi, variabili, equazioni.
b) Apparati discontinui, continui e semicontinui: considerazioni generali. I principali apparati dell'industria di processo.
c) Rappresentazione schematica degli impianti chimici: diagrammi a blocchi (semplici e quantificati), grafi, matrici di presenza, diagrammi fiume, schemi di processo e di marcia.

2. Stato di una corrente materiale od energetica

a) Variabili fisico-chimiche: definizioni, unità di misura, metodi di misura, relazioni.
b) Variabili di flusso: definizioni, unità di misura, metodi di misura, relazioni.
c) Reperimento, elaborazione e rappresentazione dei dati.

3. Equazioni integrali di bilancio

a) Bilancio di materia: varie forme; cambiamento della base di bilancio; il termine generativo; applicazioni.
b) Bilancio di quantità di moto: equazione; applicazione.

c) Bilancio di energia: varie forme; cambiamento della base di bilancio e delle unità di misura; equazioni semplificate; esplicitazione dell'effetto termico delle reazioni chimiche; applicazioni.
d) Bilancio entropico: equazione; exergia; lavoro massimo; applicazioni.
e) Bilanci di materia ed energia per i processi con riciclo: numero di variabili indipendenti e specifica base; applicazione a casi semplici.

4. Stadi di equilibrio
a) Modello di stadio di equilibrio; definizione, ipotesi generali; esempi.
b) Singoli stadi: equazioni; gradi di libertà; specifiche di verifica e di progetto; presenza di reazioni chimiche; partitori di corrente.
c) Sistemi di stadi: variabili, equazioni, gradi di libertà; specifiche di verifica e di progetto.
d) Stadi reali: cause di deviazione dal comportamento ideale; rendimento di Murphree senza e con trascinamento; relazione di Colburn; rendimento globale; diagrammi di equilibrio pratico.
e) Applicazioni a sistemi liquido-gas, liquido-vapore, liquido-liquido, liquido-solido; soluzioni analitiche, grafiche e numeriche.

5. Applicazioni a specifici processi chimici
a) Processi di combustione.
b) Processi produttivi vari.

Testi consigliati:

a) per il corso:

F.P. FORABOSCHI, *Princìpi di ingegneria chimica*, UTET, 1973.
U. LELLI, *Il bilancio energetico*, Zanichelli, 1958.

b) per le esercitazioni:

R. PERRY, *Chemical Engineers' Handbook*, McGraw Hill, 1973.
O.A. HOUGHEN, K.M. WATSON, R.R. RAGATZ, *Principi dei processi chimici*, vol. 1, Casa Editrice Ambrosiana, 1967.
R.M. FELDER, R.W. ROUSSEAU, *Elementary Principles of Chemical Processes*, J. Wiley, N.Y. 1978.
E.J. HENLEY, E.M. ROSEN, *Material and Energy Balance computations*, J. Wiley, N.Y. 1969.

c) per gli argomenti propedeutici:

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di Chimica*, UTET, 1975.
M.W. ZEMANSKY, *Calore e termodinamica*, Zanichelli, Bologna, 1970.
M.W. ZEMANSKY, M.M. ABBOTT, H.C. VAN NESS, *Fondamenti di termodinamica per ingegneri*, Zanichelli, Bologna, 1979.

4641
PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA II
Docente: **Francesco Santarelli** prof. ord.

Nella seconda parte del corso poliennale di Principi di Ingegneria Chimica viene affrontato il problema della modellazione di apparati chimici sulla base di modelli fluodinamici semplici e di un'analisi condotta nell'ambito della termomeccanica dei mezzi continui.

Programma

1. Modelli fluodinamici semplici
a) Fase perfettamente miscelata: definizione, proprietà, esempi; distribuzione dei tempi di permanenza; bilanci di materia ed energia; applicazioni.
b) Corrente monodimensionale: definizione, proprietà, esempi; distribuzione dei tempi di permanenza; bilanci di materia, quantità di moto ed energia (termica e meccanica); grandezze di miscela; applicazioni.

2. Equazioni cinetiche tipo legge di Ohm per il trasporto interfacciale
a) Considerazioni generali: interfacce; densità di flusso interfacciale; coefficiente di trasporto e forza motrice.
b) Trasporto di quantità di moto: fattore d'attrito o di Fanning; fattore di Fanning modificato per mezzi porosi; coefficienti di trascinamento e di sollevamento; applicazioni.
c) Trasporto di calore: coefficiente di convenzione; condizioni interfacciali; resistenza termica degli strati piani, cilindrici e sferici; coefficiente globale; applicazioni.
d) Trasporto di materia: coefficiente di trasporto; condizioni interfacciali; coefficiente globale; unità di trasporto; applicazioni.
e) Relazioni adimensionali per il calcolo del fattore d'attrito, del coefficiente di convenzione e del coefficiente di trasporto di materia.

3. Elementi di dinamica e controllo
a) Cenni sulla trasformata di Laplace.
b) Funzioni di trasferimento: generalità, esempi (fase perfettamente miscelata, corrente monodimensionale, loro combinazioni, ecc.); funzione di trasferimento di disturbi di concentrazione e distribuzione dei tempi di permanenza; funzioni di trasferimento razionali.
c) Comportamento dinamico di sistemi semplici, rispetto a disturbi caratteristici (gradino, impulso, sinusoidale); risposta frequenziale e diagramma di Bode.
d) Controllo a retroazione: componenti di una catena di controllo; modi fondamentali di controllo, stabilità (criteri di Routh-Hurwitz e di Bode); scelta dei parametri del controllore (criterio di Ziegler-Nichols); applicazioni.

4. Elementi di meccanica di fluidi newtoniani
a) Bilancio locale di materia e quantità di moto per un mezzo continuo.
b) Tensore degli sforzi e sua equazione costitutiva per fluidi newtoniani.
c) Soluzione dell'equazione di Navier per casi semplici di moto laminare di fluidi

newtoniani incompressibili. Cenni su moto essenzialmente viscoso, moto di fluido perfetto, teoria dello strato limite.
d) Moto in condotti e in canali a pelo libero.

5. Elementi di termomeccanica dei mezzi continui con composizione non uniforme
a) Bilanci locali di materia, quantità di moto e d'energia per le singole specie chimiche e per il moto medio.
b) Equazioni costitutive: "leggi" di Fick, Fourier, Newton. Cenni sui fluidi non-newtoniani. Cenni di termodinamica dei processi irreversibili.
c) Trasporto molecolare: diffusività di materia, calore e quantità di moto. Numeri di Schmidt, Prandtl e Lewis. Richiami sulla conduzione termica. Diffusione stazionaria (controdiffusione equimolare; diffusione in film stagnante). Diffusione non stazionaria.
d) Trasporto turbolento: considerazioni generali sulla turbolenza. Le equazioni di bilancio locale espresse con le grandezze medie locali. Flussi turbolenti di quantità di moto, calore e materia. Diffusività turbolente. Cenni sulla teoria della lunghezza di mescolamento. Diffusione e reazione chimica in un fluido in moto in un condotto (diffusività equivalente; equazione differenziale per la concentrazione di un componente; numeri di Bodenstein, Péclet diffusivo e Damköhler; condizioni al contorno).
e) Relazioni per il calcolo dei coefficienti di trasporto in una fase: condizioni di similitudine per il regime fluodinamico, termico e di concentrazione (numeri di Reynolds, Froude, Mach, Péclet, Grashof, Rayleigh, Nusselt, Sherwood). Analogie tra trasporto di calore, materia e quantità di moto (analogie di Reynolds, Prandtl, Lewis e Whitman, Chilton e Colburn). Teoria della penetrazione per il calcolo dei coefficienti di trasporto di materia in fase liquida (teorie di Higbie e Danckwerts). Formule sperimentali.

Testi consigliati

F.P. FORABOSCHI, *Principi di Ingegneria Chimica*, UTET, Torino, 1973.
R.B. BIRD, W.E. STEWART, E.N. LIGHTFOOT, *Fenomeni di trasporto*, Edizione italiana C.E.A., Milano, 1970.
S. WHITAKER, *Introduction to Fluid Mechanics*, Krieger Publ. Co., Malibar, 1981.
M.M. DENN, *Process Fluid Dynamics. Prentice Hall Inc*, Englewood Cliffs, 1980.

5802
PROPRIETA' TERMODINAMICHE E DI TRASPORTO
Docente: **Giulio Cesare Sarti** prof. ass.

Scopo del corso è quello di dare una visione unificante, nell'ambito della termeccanica 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.

Programma

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, *Princìpi di ingegneria chimica*, UTET.

R.B. BIRD, W.E. STEWART, M.E. LIGHTFOOT, *Fenomeni di trasporto*, CEA, Milano, traduzione di "Transport Phenomena", Wiley Int. Ed., N.Y. 1960.

S. WHITAKER, *Introduction to Fluid Mechanics*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1968.

R. REID, J.M. PRAUSNITZ, T. SHERWOOD, *The Properties of Gases and Liquids*, McGraw-Hill, 1977.

Propedeuticità consigliata: Princìpi di ingegneria chimica.

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

2235
SCIENZA DEI MATERIALI
Docente: **Franco Sandrolini** prof. ord.

Il corso si propone di fornire gli elementi della Scienza dei Materiali necessari per una trattazione unitaria dei processi tecnologici e delle modalità di impiego dei materiali di interesse ingegneristico.

Programma

Classificazione dei materiali. Materiali monocristallini, policristallini ed amorfi. Materiali metallici, ceramici, polimerici e compositi. Proprietà generali e principali processi tecnologici di formatura.

Difetti strutturali dinamici e statici, di equilibrio e di non equilibrio. Difetti di punto, di linea, di superficie, di volume. Concentrazione dei difetti e proprietà dei materiali cristallini. Microstruttura e proprietà fisico-meccaniche dei materiali polifasici. Materiali compositi. Richiami sui diagrammi di stato. Soluzioni solide e proprietà dei materiali. Trasformazioni di equilibrio e di non equilibrio e microstruttura dei materiali (segregazione, inviluppi, reazioni tra fasi, nucleazione ed accrescimento di nuove fasi). Esempi e applicazioni: trattamenti termici, fusione e solidificazione, etc. Processi elementari di trasporto di materia nei solidi. Leggi di Fick. Effetto Kirkendall. Applicazioni tecnologiche. Diffusione nei materiali policristallini. Sinterizzazione e tecnologia delle polveri. Esempi ed applicazioni.

Proprietà meccaniche dei materiali. Elasticità lineare e non lineare. Plasticità e meccanismi della deformazione plastica nei metalli. Incrudimento, riassetto e ricristallizzazione nei metalli. Lavorazioni plastiche dei metalli. Comportamento meccanico dei materiali ceramici. Comportamento meccanico dei materiali polimerici. Proprietà meccaniche dei materiali compositi. Effetto della temperatura sulle proprietà meccaniche dei materiali. Viscoelasticità e processi elementari di scorrimento viscoso. Parametro di Larson-Miller. 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. Effetti dell'ambiente sui materiali. Esempi ed applicazioni.

Cenni alle proprietà elettriche dei materiali: conduttori, semiconduttori, isolanti.

Criteri generali di scelta dei materiali in relazione alle condizioni di impiego. Sicurezza, affidabilità, progettazione e tecnologia. Tecnica delle prove di affidabilità sui materiali. Scelta dei materiali per impieghi strutturali. Protezione dei materiali. Normativa e prove sui materiali.

Testi consigliati:

J. WULFF (et. al.), *Struttura e proprietà dei materiali*, voll. 4, CEA, Milano, 1976.
A.G. GUY, *Introduction to Materials Science*, McGraw-Hill, 1975.

Propedeuticità consigliate: Chimica applicata, Chimica fisica, Scienza delle costruzioni.

Sono previste *esercitazioni* in aula su applicazioni numeriche relative agli argomenti trattati ed in laboratorio sulla determinazione sperimentale di alcune proprietà dei materiali.

Esame orale.

Tesi di laurea: Proprietà elettriche, meccaniche e microstruttura di materiali polimerici, ceramici e compositi. Proprietà ed applicazioni di materiali speciali. Processi tecnologici e produttivi di materiali di interesse tecnico.

1143
STRUMENTAZIONE CHIMICA
Docente: **Leonardo Marchetti** prof. ord. (inc.)

Il corso si propone di dare allo studente una conoscenza della strumentazione fondamentale dell'industria chimica, in riferimento alle grandezze di processo che più frequentemente devono essere misurate. Il corso è integrato da alcuni capitoli riguardanti la teoria degli errori intesa come mezzo per la valutazione e la scelta di uno strumento di misura.

Programma

La strumentazione nell'industria chimica: misure e regolazioni. La misura: unità e sistemi di unità di misura. Metodi e strumenti di misura. Errori di misura: teoria degli errori (cenni). Inerzia di misura.

La strumentazione dell'impianto chimico e la sua rappresentazione grafica.

Misure industriali di pressione, di temperatura, di portata, di livello, di peso specifico, di viscosità, di umidità, di indice di rifrazione, di conduttività termica, di paramagnetismo. I trasduttori di spostamento. Le cellule fotoelettriche.

Gli analizzatori chimici e fisici di composizione, con particolare riguardo agli analizzatori continui del processo industriale.

Testi consigliati

P. ANGELERI, *Regolazioni e Misure*, Ed. Vallecchi, Firenze.

D.M. CONSIDINE, *Process Instruments and Controls Handbook*, Ed. McGraw-Hill New York.

G. MINELLI, *Misure Meccaniche*, Ed. Patron, Bologna.

R. UGO, *Analisi Chimica Strumentale*, Ed. Guadagni, Milano.

Propedeuticità consigliate

Elettrotecnica, Chimica fisica.

Il corso è completato da *esercitazioni* in aula e (possibilmente) da esercitazioni in laboratorio, che non tutti gli anni è possibile effettuare.

Esami orali.

Tesi di laurea

Studio ed applicazione di un nuovo metodo analitico o estensione a nuovi problemi di interesse applicativo di metodi analitici già noti. Studio della strumentazione di un impianto chimico già esistente o in corso di progettazione.

5819

SVILUPPO E DISEGNO DEGLI IMPIANTI CHIMICI

Docente: **Werther Neri** prof. inc. stab.

Il corso tende essenzialmente a fornire gli elementi di guida per la progettazione impiantistica, per lo sviluppo dei disegni esecutivi e di montaggio, per la costruzione dei vari componenti di un impianto chimico e per la sua realizzazione nell'ambito dello stabilimento a cui è destinato. Fornisce altresì metodi e procedure per il calcolo e la verifica delle strutture, per la valutazione del costo degli impianti chimici e dei relativi prodotti.

Programma

La normalizzazione in generale e nell'industria chimica in particolare. Diagrammi a blocchi. Schemi tecnologici e specifiche di progetto.

La progettazione meccanica dei recipienti sottoposti a pressione interna o esterna. La progettazione degli apparecchi non a pressione con particolare riguardo alle norme API. Verifiche di stabilità. Norme e indicazioni per la stesura dei disegni costruttivi degli apparecchi.

La progettazione meccanica degli scambiatori di calore.

Le tubazioni, gli accessori di linea e gli organi di intercettazione.

Gli impianti elettrici nell'industria chimica. Le norme CEI e IEC.

La pianificazione e lo sviluppo di un impianto chimico.

Organizzazione del lavoro e procedure. Elementi e criteri per una razionale disposizione delle apparecchiature entro i limiti di campo. Lo sviluppo dei disegni esecutivi di assieme e di montaggio degli impianti. Indicazioni per l'esecuzione dei disegni edili, dei disegni di montaggio meccanico (con particolare riguardo agli schizzi per la prefabbricazione delle tubazioni) e dei disegni elettrici. Lo sviluppo dei disegni esecutivi di montaggio degli strumenti. Selezione ed approvvigionamento dei materiali e commissione dei lavori. Controllo dei disegni esecutivi e della costruzione delle apparecchiature. Collaudo dei materiali. Stesura, verifica ed aggiornamento del preventivo di spesa degli impianti e dei prodotti.

I lavori di montaggio: organizzazione del cantiere, preparazione del terreno, lavori edili, erezione delle strutture metalliche, prefabbricazione delle tubazioni, posa in opera delle tubazioni interrate, montaggio delle apparecchiature, montaggio dei macchinari, montaggio delle tubazioni e dei relativi accessori, lavori elettrici, montaggio degli apparecchi di misura e controllo, lavori di allacciamento del nuovo impianto, collaudo degli apparecchi e delle tubazioni, coibentazioni, verniciature, contabilità lavori.

La programmazione dei lavori di montaggio.

Operazioni preliminari per l'avviamento di un impianto.

Esempi di progettazione completa di alcuni impianti.

Elementi sulla sicurezza e igiene del lavoro.

Testi consigliati:

NERI, *Progettazione e sviluppo degli impianti chimici*, Ed. Vallecchi, Firenze.
API STANDARD 650, *Welded Steel Tanks*, American Petroleum Institute.
NORME CEI 11-1, 11-8, 64-2 e NORME IEC 144.

Esercitazioni: 2 ore settimanali durante il periodo in cui si tiene il corso. Inoltre vengono svolte esercitazioni durante tutto l'anno a sostegno e per assistenza al lavoro degli allievi, che sono tenuti a sviluppare cinque disegni riferentisi al progetto realizzativo di un impianto chimico.

2049
TECNOLOGIE GENERALI
Docente: **Gustavo Favretti** prof. ord. (inc.)
(v. Corso di Laurea in Ingegneria nucleare)

6529
TECNOLOGIA CHIMICA DEL DISINQUINAMENTO
Docente: **Franco P. Foraboschi** prof. ord. (inc.)

Il corso tratta la tematica dell'inquinamento ambientale con particolare riferimento alla tecnologia degli interventi per l'eliminazione e la riduzione dello stesso e dei suoi effetti.

1. *L'inquinamento dell'atmosfera, delle acque e del suolo.*
   1.1. L'ecosistema e le sue componenti.
   1.2. I principali inquinanti di natura chimica, fisica e biologica nell'ambiente esterno e negli ambienti di lavoro e abitativi (tipi, proprietà, parametri caratterizzanti, effetti).
   1.3. Le principali sorgenti d'inquinanti (naturali e antropogeniche; civili e industriali; fisse e mobili; permanenti e occasionali).
   1.4. Propagazione ed evoluzione degli inquinanti (concetti elementari di climatologia, meteorologia, idrologia, idrografia, fenomeni di trasporto e trasformazione di inquinanti, propagazione di onde di pressione ed elettromagnetiche).
   1.5. Interventi contro l'inquinamento: la tutela dell'ambiente come problema di conservazione di risorse; modalità d'intervento (sul processo; sull'emissione; sull'immissione; di protezione; di terapia); analisi costi/benefici.
   1.6. Normative contro l'inquinamento: presupposti tecnici; principali linee d'intervento, normativa italiana e CEE; cenni sulle normative dei principali paesi; il tecnico e l'applicazione della normativa.
2. *Operazioni e processi unitari nella tecnologia del disinquinamento.*
   2.1. Le operazioni e i processi unitari della tecnologia chimica.
   2.2. Trasporto e deposito di fluidi e solidi: convogliamento e deposito di fluidi inquinati (cappe di aspirazione; reti di ventilazione; fognature; camini; reti di convogliamento di scarichi d'emergenza; gasometri; serbatoi; bacini; ecc.); movimentazione e deposito di rifiuti solidi (fanghi di depurazione e di processo; rifiuti solidi urbani; ecc.).
   2.3. Miscelazione di sistemi mono- e poli-fasici (omogeneizzazione di scarichi; aggiunta di reagenti; aerazione di liquami; sospensione della biomassa nei liquami; ecc.).

2.4. Separazione di sistemi polifasici: abbattimento di inquinanti particolati da correnti gassose; abbattimento di inquinanti solidi da correnti liquide; ispessimento ed essiccamento meccanico di fanghi; ecc.

2.5. Trasmissione del calore: scambiatori di calore sensibile (raffreddamento o di riduzione dell'inquinamento termico, di recuperi energetici); condensatori (abbattimento di vapori inquinanti); evaporatori (concentrazione di soluzioni liquide); ecc.

2.6. Trasporto di materia: assorbimento (abbattimento di inquinanti gassosi); stripping (rimozione di inquinanti gassosi da fasi liquide); distillazione (depurazione di correnti liquide); deumidificazione (abbattimento di vapori inquinanti da correnti gassose); adsorbimento (depurazione di correnti fluide su carbone attivato, setacci molecolari, ecc.); essiccamento termico (di fanghi di depurazione o di processo, ecc.); cristallizzazione (depurazione di correnti liquide); estrazione (depurazione correnti liquide, lavaggio fanghi).

2.7. Propagazione di onde di pressione ed elettromagnetiche: sistemi di protezione da rumori, vibrazioni, onde esplosive, microonde, radiazioni termiche, radiazioni ultraviolette e radiazioni ionizzanti.

2.8. Reazioni chimiche: reattori (discontinui, continui, semicontinui; omogenei, eterogenei; a miscelazione, tubolari, a stadi); reazioni di neutralizzazione (trattamento di scarichi liquidi acidi o basici), ossido-riduzione (trattamento di scarichi liquidi inquinati da cianuri, cromo esavalente, ecc.; ossidazione chimica di sostanze organiche; ecc.), precipitazione (abbattimento di ioni di metalli pesanti, ione solforico, ecc.); combustione (ossidazione di inquinanti organici in correnti gassose, fanghi di depurazione, rifiuti solidi urbani, ecc.), biologiche (trasformazione aerobica o anaerobica di composti organici), ecc.

3. *Esempi di impianti.*

3.1. Ventilazione di un reparto di lavorazione.

3.2. Camino di una centrale termica.

3.3. Abbattimento degli inquinanti atmosferici emessi da una sorgente fissa industriale.

3.4. Sistema di torce di un'industria petrolchimica.

3.5. Potabilizzazione dell'acqua.

3.6. Depurazione di liquami urbani.

3.7. Depurazione di acque reflue di un'industria alimentare.

3.8. Depurazione di acque reflue di un'industria galvanotecnica.

3.9. Forno inceneritore di rifiuti solidi urbani.

1142
TEORIA E SVILUPPO DEI PROCESSI CHIMICI
Docente: **Carlo Stramigioli** prof. ass.

Il corso si propone lo studio degli elementi fondamentali riguardanti le valutazioni economiche, a livello ingegneristico, connesse con lo sviluppo di un processo chimico (stima dell'investimento, del costo del prodotto, della redditività dell'impianto) e di alcune tecniche di ottimazione d'impianto.

Programma

1 *Introduzione*
2 *Elementi di matematica finanziaria:* valore attuale montante, interesse (discontinuo e continuo), annualità, perpetuità, costo capitalizzato.
3 *Stima dell'investimento:* Considerazioni generali; metodo del coefficiente di giro, dell'investimento unitario, del coefficiente di Lang, di Miller, modulare, sia per il singolo apparato che per un insieme di apparati.
4 *Stima del costo del prodotto:* componenti del costo; valutazioni dei singoli costi diretti, dei costi indiretti, dei costi fissi, dei costi generali; ammortamento e sue varie forme.
5 *Stima della redditività:* produzione minima utile; diagramma del flusso di cassa; criteri di redditività; ritorno sull'investimento, tempo di ritorno, valore presente, flusso di cassa scontato in assenza ed in presenza di inflazione.
6 *Elementi di ottimazione:* considerazioni generali: massimo profitto; metodi con funzioni obiettivo in una sola variabile; metodi con funzioni obiettivo in più variabili; programmazione lineare; programmazione dinamica.
7 *Applicazioni ad impianti chimici.*

Testi consigliati:

F.A. HOLLAND, F.A. WATSON, J.K. WILKINSON, *Introduction to Process Economics,* J. Wiley.
M.S. PETERS, K.D. TIMMERHAUS, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers,* McGraw Hill.
D.F. RUDD, C.C. WATSON, *Strategy of Process Engineering,* J. Wiley.
A. CAPPELLI, M. DENTE, *Teoria e Sviluppo dei Processi chimici,* CLUP, Milano.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MINERARIA 2005

Programmi delle materie di insegnamento.

Per le seguenti materie del biennio propedeutico:

1350 Analisi matematica I
1354 Analisi matematica II
1358 Chimica
92 Chimica applicata
1363 Disegno
3781 Disegno II
1367 Fisica I
1371 Fisica II
1376 Geometria
1380 Meccanica razionale
v. Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica.

Per le seguenti materie del triennio di applicazione:

4125 Consolidamento dei terreni
4131 Difesa e conservazione del suolo
430 Fisica tecnica
2007 Geotecnica (sem.)
490 Idraulica
496 Idrologia e idrografia
890 Scienza delle costruzioni
1026 Tecnica delle costruzioni
2008 Tecnica delle fondazioni (sem.)
v. Corso di Laurea in Ingegneria Civile.

6462 Calcolo numerico e programmazione
275 Elettrotecnica
663 Macchine
1385 Meccanica applicata alle macchine
v. Corso di Laurea in Ingegneria Chimica.

54
ARTE MINERARIA
Docente: **Dioscoride Vitali** prof. ass.

Il corso si propone di delineare i principi di base e di fornire le conoscenze tecniche per la coltivazione dei giacimenti minerari. Collocato nell'ambito che intercorre tra la scoperta del giacimento e l'utilizzazione del grezzo, tratta i temi della impostazione generale delle miniere e delle cave, delle loro strutture statiche, delle operazioni inerenti il ciclo estrattivo.

Programma

La stabilità delle strutture minerarie. Criteri generali per la stabilità delle strutture in roccia. La stabilità delle gallerie e dei pozzi. La stabilità dei grandi scavi sotterranei di coltivazione. La teoria del sostegno. La subsidenza mineraria. La stabilità delle coltivazioni a cielo aperto.

Le operazioni minerarie. Le opere di sostegno: armature e rivestimenti. Le armature rigide e deformabili. Armature di legno, ferro, miste. Il bullonaggio delle rocce. I rivestimenti in muratura di mattoni, in calcestruzzo, in ferro. Il trattamento dei vuoti: ripiena e scoscendimento. L'abbattimento delle rocce. L'abbattimento in sotterraneo senza uso di esplosivo: martello piccone, tagliatrici, macchine a scavo integrale. Abbattimento con esplosivi. La perforazione: il martello perforatore e la perforatrice a rotazione. Gli esplosivi, gli artifizi da mina. Teoria dell'abbattimento. Disposizione delle mine negli scavi. Lo sgombro dei cantieri. Lo scavo delle gallerie e dei pozzi. Organizzazione dello scavo di gallerie di sezione normale in rocce compatte e franose. Scavo di gallerie a grande sezione. Scavo di pozzi in rocce compatte. Metodi di scavo in rocce acquifere: congelazione, cementazione. Cenni sui servizi di miniera: trasporti, ventilazione, estrazione, eduzione.

La coltivazione delle miniere e delle cave. La ricerca mineraria: prospezione geologica, geofisica, geochimica, i lavori di esplorazione. Criteri generali e fattori determinanti l'organizzazione di una coltivazione. Le grandi preparazioni, i tracciamenti. I metodi di coltivazione con particolare riferimento alle miniere metallifere: per vuoti, con ripiena, con scoscendimento. Le coltivazioni delle miniere carbonifere. Le coltivazioni speciali. Le coltivazioni a giorno: metodi e organizzazione. La valutazione delle miniere. Le riserve. La campionatura.

Testi consigliati:

Dispense redatte dal docente.
VIDAL, *Exploitation des mines*, Dunod.
Mining Engineering Handbook, SME.

Propedeuticità consigliate: Meccanica delle rocce.

L'esame consta di una prova orale con richiami alle applicazioni pratiche svolte nelle esercitazioni.

Tesi di laurea: 1) Progetti relativi a miniere e cave; 2) Temi compilativi o di ricerca.

454
GEOFISICA MINERARIA
Docente: **Daniele Postpischl** prof. ass.

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. Dromocrone caratteristiche dei principali tipi di formazioni. Esecuzione di prospezioni sismiche: profili continui, profili incrociati, rilievi a ventaglio. Riduzione dei valori osservati ed interpretazione dei risultati. Teoria della sismica e riflessione. Determinazione della velocità. Calcolo della profondità e della inclinazione di uno strato con il metodo a riflessione. Rilievo delle strutture più interessanti dal punto di vista minerario. Apparecchiature sismometriche e loro funzione. Teoria dei sismografi. Apparecchiature per l'amplificazione, il filtraggio e la registrazione. Vari tipi di marcatempo. Riduzione delle misure ed interpretazione dei risultati. Metodi elettrici. Generalità. Proprietà elettriche delle rocce. Classificazione dei metodi elettrici. Metodo dei potenziali spontanei: considerazioni teoriche. Elettrodi impolarizzabili. Apparecchiature per l'esecuzione delle misure. Interpretazione dei risultati. Prospezioni geoelettriche con il metodo della resistività apparente. Studio di due terreni di resistività diversa sovrapposti. Metodo di Hummel. Curve di Tagg. Teoria di S. Stefanescu. Studio di tre terreni. Metodo di calcolo di Flathe. Corrispondenza tra il metodo di Hummel e quello di Stefanescu. Esecuzione delle misure ed interpretazione dei risultati. Carotaggio elettrico. Carotaggio radioattivo: cenno.

Testi consigliati:

Dispense del corso (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 del corso:

Introdurre i concetti fondamentali per la conoscenza delle rocce e dei corpi geologici, con la descrizione degli ambienti e dei processi di formazione; fornire gli elementi per la lettura, la interpretazione e la compilazione delle più comuni "rappresentazioni" geologiche.

Programma

1) Generalità. Costituzione e struttura interna della Terra; la crosta terrestre; i processi petrogenetici. 2) I fenomeni magmatici. Plutonismo e plutoni; vulcanesimo; magmi e tipi strutturali della crosta. 3) I sedimenti. Origine, ciclo e classificazione dei sedimenti; ambienti di sedimentazione; proprietà e caratteri fisici e chimici dei sedimenti e delle rocce sedimentarie; tessiture e strutture; sistematica dei sedimenti. 4) Geologia strutturale. Proprietà meccaniche delle rocce; gli strati; le pieghe: nomenclatura; pieghe-faglie, coltri di ricoprimento, diapiri; associazioni di pieghe; le fratture: generalità, genesi e nomenclatura; associazioni di faglie e stili tettonici; orogenesi e teorie orogenetiche; trasgressioni e regressioni. 5) Geologia stratigrafica. Principi generali, facies e loro variazioni; unità lito-, bio- e cronostratigrafiche; rappresentazioni geologiche. 6) Geologia degli idrocarburi e dei carboni. 7) Le acque sotterranee. 8) Processi di geologia esogena. Le frane: caratteri generali e classificazione; effetti geologici delle frane.

Testi consigliati:

C. ELMI, *Appunti di Geologia*, Pitagora, 1970.
IPPOLITO, CIVITA, LUCINI, DE RISO, NICOTERA, *Geologia tecnica,* ISEDI, Milano 1975.

Esami orali, con lettura di cartografie geologiche e riconoscimento di rocce.
Propedeuticità consigliata: Mineralogia e petrografia.

482
GIACIMENTI MINERARI
Docente: **Gianfranco Simboli** prof. ord. (inc.)

Finalità del corso:

Introdurre il concetto di giacimento minerario, visto sotto l'aspetto produttivo ed economico. Fornire allo studente la conoscenza della genesi di principali giacimenti. Distinguere nell'ambito delle regioni i vari giacimenti e la loro influenza nel campo economico.

Programma

Definizione di giacimento minerario. Classificazione dei giacimenti. Rassegna dei fattori determinanti le condizioni di sfruttamento delle mineralizzazioni. Giacimenti generali e speciali. Esame dei metodi di ricerca e di esplorazione dei giacimenti. Stima dei giacimenti: cubatura e tenori. Giacimento di origine magmatica. Distribuzione delle mineralizzazioni attorno alle masse intrusive. Giacimenti liquido magmatici. Giacimenti di smistamento allo stato liquido. Giacimenti di segregazione con o senza concentrazione. Giacimenti tardo liquido-magmatici. Giacimenti pegmatitici. Pegmatiti semplici e complesse. Giacimenti pneumatolitici. Giacimenti pirometasomatici. Giacimenti idrotermali. Origine e natura delle soluzioni idrotermali. Modalità di trasporto dei componenti ad opera delle soluzioni idrotermali e loro deposito. Morfologia dei corpi mineralizzati. Giacimenti filoniani, metasomatici, d'impregnazione. Fattori di controllo litologico, stratigrafico, geologico e magmatico sulla localizzazione delle mineralizzazioni nella crosta terrestre. Criteri per determinare le condizioni di temperatura e pressione di formazione delle mineralizzazioni. Provincie ed epoche metallogenetiche. Rigenerazione delle mineralizzazioni. Descrizione sistematica dei principali tipi di mineralizzazione in relazione al contenuto con particolare riguardo ai giacimenti italiani ed ai più importanti nel mondo. Giacimenti esalativi sottomarini. Campi geotermici. Cause e modalità di alterazione dei giacimenti metalliferi con particolare riguardo a quelli costituiti da paragenesi a solfuri misti. Giacimenti di origine sedimentaria. Giacimenti alluviali, eluviali, residuali. Giacimenti salini marini e continentali. Giacimenti di solfo; giacimenti fosfatici. Giacimenti sedimentari di ferro, manganese, rame, piombo e zinco. Giacimenti di origine metamorfica. Breve descrizione con esercitazioni pratiche di riconoscimento dei più importanti minerali utili. Giacimenti sedimentari (argille per ceramica, per laterizi ecc., marne da cemento ecc.).

Materiali litoidi per la formazione di inerti (ghiaie, sabbie ecc.). Brevi cenni ai giacimenti di idrocarburi e delle acque termo-minerali.

Testi consigliati:

Dispense redatte dal docente.

Esami orali.

Propedeuticità consigliate: Geologia, Mineralogia e petrografia.

Il corso è completato da visite ad alcuni giacimenti.

4135

IDROGEOLOGIA APPLICATA (semestrale)

Docente: **Giovanni Brighenti** prof. ord. (inc.)

1. *Il ciclo dell'acqua*
2. *Caratteristiche delle acque*
3. *Elementi di geoidrogeologia*; moto dell'acqua nelle falde confinate e non confinate, Prove in situ.

4. *Le opere di captazione delle acque sotterranee.*
5. *Criteri per l'utilizzazione razionale delle risorse idriche sotterranee.*
6. *Le acque termominerali.*
7. *Elementi di geotermia.*

516
IMPIANTI MINERARI
Docente: **Fulvio Ciancabilla** prof. ord. (inc.)

Finalità del corso:

Illustrare criticamente i vari impianti e servizi di miniera, fornendo per ognuno di essi i principali elementi di calcolo.

Programma

Finalità tecniche ed economiche di un impianto. Impianti minerari in coltivazioni sotterranee ed a cielo aperto: criteri di ammortamento e di rinnovamento, problemi di ubicazione. Fonti di energia disponibili. *L'aria compressa.* Tipi di compressori. Centrale di compressione. Calcolo del consumo dell'aria. Calcolo della rete di distribuzione. Manutenzione della rete; fughe d'aria. *L'energia elettrica.* Tipi di corrente. Tensioni di alimentazione. Schema di tipo di una rete elettrica di miniera. Problemi di sicurezza, che condizionano l'impianto. Tipi di rete. Messa a terra delle reti. Apparecchiature antigrisutose. Cavi elettrici di miniera: criteri di scelta, calcolo e messa in opera. Apparecchiature di interruzione per alta e bassa tensione. Trasformatori. Motori elettrici. *Trasporto del minerale.* Funzione e classificazione dei trasporti di miniera. Trasporti di cantiere e lungo le vie principali di carreggio. Analisi dei trasporti continui: caratteristiche costruttive, criteri di calcolo, modalità d'impiego. Analisi dei trasporti su rotaie. Nozioni di meccanica della trazione. I locomotori e gli altri mezzi di trazione. Il problema dell'organizzazione dei trasporti interni. Trasporti esterni: su strada ordinaria, con ferrovia, con mezzi funicolari, impianti di lizzatura. I mezzi di carico del materiale. *Immagazzinaggio del minerale*: le discariche. *Estrazione.* Tipi di impianto. Attrezzature dei pozzi. Apparecchiature ed organizzazione delle stazioni. Macchine di estrazione. Equilibramento statico e dinamico delle macchine. Castelletti e torri d'estrazione. Impianti di estrazione a nastro. Impianti di estrazione idraulica. *Ventilazione delle miniere.* Scopi della ventilazione. Composizione dell'aria in miniera. Temperatura ed umidità. Leggi della ventilazione: calcolo della resistenza dei singoli condotti; orifizio equivalente. Ripartizione della corrente d'aria in sotterraneo. Ventilazione naturale e forzata. I ventilatori. La ventilazione secondaria. *Eduzione delle acque.* Il regime idrologico del sotterraneo. Difesa attiva e passiva dalle acque. I mezzi di eduzione. Impianti principali e secondari. *Servizi vari e sicurezza.* Illuminazione del sotterraneo. Norme di sicurezza per ambienti grisutosi o per ambienti a polveri infiammabili. Impianti di sicurezza ed installazioni di soccorso.

Testi consigliati:

Dispense redatte dal Docente.

Le *esercitazioni* forniscono i principali elementi di calcolo per il dimensionamento di alcuni impianti illustrati nel corso di lezioni. Completano la preparazione alcune visite a cantieri della zona.

Propedeuticità consigliata: Arte mineraria.
Esame orale, con richiami ad applicazioni pratiche.
Tesi di laurea: indirizzo applicativo.

690
MECCANICA DEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI
Docente: **Giulio Cesare Borgia** prof. ass.

Scopo del corso è fornire le principali cognizioni sul fenomeno del moto dei fluidi nei mezzi porosi nonchè sulle caratteristiche dei fluidi e delle rocce di giacimento e introdurre al calcolo delle riserve di idrocarburi ed alla conoscenza delle principali tecniche per la loro coltivazione.

Programma

La classificazione dei giacimenti di idrocarburi in rapporto alle energie di produzione. I meccanismi di drenaggio. La nomenclatura e le unità di misura nella tecnica dei giacimenti di gas e di petrolio. Le proprietà fisiche delle rocce serbatoio. La porosità, la saturazione di fluido, la permeabilità assoluta ed effettiva. Cenni sui metodi di misura. Relazioni fra le proprietà fisiche delle rocce e il comportamento del giacimento. Bagnabilità e sua importanza ai fini del ricupero. Le proprietà fisiche dei fluidi di giacimento. Il comportamento termodinamico del greggio; i fattori di volume, la solubilità di gas, la viscosità. La determinazione sperimentale delle caratteristiche fisiche dei fluidi di giacimento. La cella PVT. Classificazione termodinamica dei giacimenti. I giacimenti di gas secco e di gas condensati. Calcolo del gas immagazzinato col metodo volumetrico. Il fattore di ricupero e sua determinazione. Il metodo dinamico e l'equazione del bilancio di massa.

La valutazione dell'ingresso d'acqua nei giacimenti di idrocarburi: formule empiriche, di Schilthius e Hurst. Controllo e scelta delle formule in base ai dati di produzione. Calcolo del gas inizialmente in posto e previsioni di produzione per i giacimenti di gas. Criteri di coltivazione dei giacimenti di gas a condensati con condensazione retrograda in strato. Stima degli idrocarburi in posto. Iniezione di gas secco. I giacimenti di petrolio. Giacimenti di petrolio sottosaturo; calcolo dell'olio immagazzinato e stima del ricupero. Giacimenti a spinta di gas disciolto, a cappa gassosa, a spinta d'acqua. Equazioni fondamentali; rapporto gas-olio, rapporto acqua-olio. Previsioni di produzione. Applicazioni e limitazioni dell'equazione del bilancio di massa. Richiami sulla meccanica dei fluidi nei mezzi porosi permeabili. Formule per il calcolo delle portate dei pozzi di olio e di gas. Le equa-

zioni dei fluidi poco comprimibili: l'integrale di Van Everdingen e Hurst con applicazioni al calcolo pratico dell'ingresso d'acqua nei giacimenti. Questioni relative alle superfici di separazione gas-olio e acqua-olio; coni di gas e di acqua; portate critiche. La simulazione nello studio dei giacimenti di idrocarburi. Il concetto di modello: modelli analogici e numerici. Processi di recupero assistito. Lo spiazzamento degli idrocarburi. Questioni relative alla stabilità delle superfici di separazione delle fasi fluide. La deformazione delle interfacce fra fluidi di uguali densità e mobilità. Disposizione dei pozzi per la coltivazione secondaria ed efficienza di spiazzamento. Spiazzamento per $M = 1$ e progetti di ricupero secondario. Il moto bifasico secondo Buckley e Leverett: velocità di spostamento delle saturazioni; dinamica di formazione del fronte di spiazzamento e calcolo della corrispondente saturazione. Tempo di spiazzamento e distribuzione dell'olio residuo. Prove di strato.

Testi consigliati:

1) B. POGGI, *Lezioni di meccanica dei giacimenti di idrocarburi* (fotocopia).
2) ISTITUTO FRANCESE DEL PETROLIO, *Course de Production*, ed. Technip.
3) DAKE, *Fundamentals of Reservoir Engineering*, Elsevier.
4) CRICHLOW, *Modern Reservoir Engineering - A Simulation Approach*, Prentice - Hall.

Durante il corso vengono svolte *esercitazioni* di calcolo e di laboratorio.

Esami orali.

Indirizzo delle *Tesi di Laurea:* indirizzo teorico e progettuale.

4114
MECCANICA DELLE ROCCE
Docente: **Amos Paretini** prof. ass.

Finalità del corso:

Dare agli allievi gli elementi fondamentali di calcolo per valutare, con l'ausilio di prove di laboratorio ed in situ, le caratteristiche geomeccaniche delle rocce, lo stato di tensione indotto nel terreno da scavi sotterranei ed a cielo aperto, il grado di stabilità delle varie strutture in roccia.

Programma

1 – Generalità sulla meccanica delle rocce – Tipi di rocce e loro composizione – Le discontinuità presenti negli ammassi rocciosi – I modelli di ammassi rocciosi e le tecniche per la loro individuazione e caratterizzazione – mezzi di rilevamento in campo.

2 – Comportamento meccanico del materiale roccioso – Analisi delle tensioni – Analisi delle deformazioni – Reologia delle rocce – Richiami della teoria dell'elasticità e della plasticità – Teoria della rottura.

3 – Determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche delle rocce in laboratorio ed in campo – Determinazione dello stato di tensione nel sottosuolo – Classificazione delle rocce e degli ammassi rocciosi dal punto di vista applicativo.

4 – Studio degli ammassi rocciosi secondo la teoria dei mezzi continui – Metodi analitici – Metodi numerici – Modelli in scala e fotoelastici.

5 – Studio degli ammassi rocciosi secondo la teoria dei mezzi discontinui – Metodi numerici e modelli in scala – Il modello clastico – Studio dell'equilibrio al limite.

6 – Applicazione della meccanica delle rocce allo studio dei problemi di carattere regionale – Fenomeni di subsidenza – Cartografia geomeccanica.

7 – Applicazione della meccanica delle rocce allo studio di problemi locali – Stabilità degli scavi in sotterraneo, stabilità degli scavi a cielo aperto e dei pendii naturali.

8 – Consolidamento delle rocce e dei terreni – La tecnica delle iniezioni – Drenaggi – Il bullonaggio delle rocce in lavori di ingegneria civile e mineraria: criteri per il calcolo e la posa in opera dei bulloni – Metodologie e criteri per il risanamento e la sistemazione di frane in rocce e terreni.

Testi consigliati:

1) Appunti del Docente.
2) S.D. WOODRUFF, *Working Coal and Metal Mines*, vol. I.
3) OBERT, DUVALL, *Rock Mechanics and the Design of structures in Rock.*
4) C. JAEGER, *Rock Mechanics and Engineering.*
5) M. PANET, *La mécanique des Roches appliquee aux ouvréges du genie civil.*

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.

5725
MINERALOGIA E PETROGRAFIA
Docente: **Romano Mezzetti** prof. ass.

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, sedimentarie e metamorfiche. Schemi essenziali di classificazione delle rocce. Associazioni di rocce e schemi evolutivi dei caratteri petrochimici. Provincie 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.

731
MISURE E CONTROLLI NEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI
Docente: **Gian Luigi Chierici** prof. inc. stab.

Finalità del corso:

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 fluodinamica dei fluidi in giacimento e dei sistemi roccia serbatoio/fluidi contenuti, nonchè sulle registrazioni elettriche, radioattive e soniche eseguite in pozzo.

Programma

Scopo del corso. 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'area ed ai liquidi, fattore di resistività di formazione. Compatibilità fra acqua d'iniezione e roccia-serbatoio. Impiego di correlazioni porosità/permeabilità per studi di giacimento. Individuazione di zone statisticamente omogenee. 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. Costanti di equilibrio di partizione in sistemi di idrocarburi ad alta pressione; loro determinazione sperimentale ed applicazione a problemi di progettazione.

Testi consigliati:

G.L. CHIERICI, *Comportamento volumetrico e di fase degli idrocarburi nei giacimenti*, Giuffrè Editore, Milano (1962).

Dispense su studio carote e logs, redatte dal docente.

Esame orale, con richiami ad applicazioni pratiche delle materie del corso.

Propedeuticità consigliate: Fisica tecnica, Meccanica dei giacimenti di idrocarburi.

Tesi di laurea: Indirizzo applicativo, con particolare riferimento all'impiego degli studi su carote e degli studi di termodinamica dei fluidi nella previsione del comportamento dei giacimenti e (per la parte di termodinamica) nella progettazione di impianti di trattamento di gas ed olio in superficie.

805

PREPARAZIONE DEI MINERALI

Docente: **Fulvio Ciancabilla** prof. ord.

Finalità del corso:

Il corso si propone di impartire agli allievi ingegneri minerari nozioni di base sulle tecniche e sulle macchine che si impiegano sia per il trattamento di sostanze solide granulari ai fini della loro comminuzione e classificazione granulometrica, sia per l'arricchimento di grezzi minerali, nonchè sulle modalità di chiarificazione delle acque di rifiuto; esso perciò si rivolge principalmente agli ingegneri minerari, ma possono trarne utili insegnamenti anche gli allievi ingegneri chimici, civili e meccanici.

Programma

Richiamate sinteticamente le caratteristiche dei materiali grezzi da trattare (minerali costituenti, tenore dei minerali utili, composizione granulometrica) sono schematizzati i principali parametri che definiscono un processo di preparazione.

Vengono quindi studiati i metodi e le apparecchiature che si impiegano per il trattamento delle sostanze solide in grani allo scopo di predisporle in classi granulometriche: vagliatura, frantumazione, triturazione e macinazione.

Successivamente sono studiati i principi e descritti i principali apparecchi per l'arricchimento delle sostanze minerali utili: separazione per densità in mezzo fluido, separazione magnetica, separazione elettrostatica, flottazione, metodi speciali

di separazione.

Infine sono analizzate le operazioni accessorie di filtrazione dei prodotti trattati in acqua od in aria, di essiccazione ed è studiato il trattamento delle acque di rifiuto per la loro chiarificazione, con riferimento alle vigenti norme di legge.

Il corso si chiude con una sintesi dei criteri generali di progettazione degli impianti e delle norme di sicurezza e protezione.

Testi consigliati:

Appunti delle lezioni, riveduti dal Docente.

Enciclopedia della Ingegneria, Isedi: Volume VIII, parte 55ª, 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 il corso si svolgono alcune *esercitazioni* di calcolo e laboratori dimostrativi, nonchè eventuali accessi ad impianti.

Avendo il corso carattere tecnologico e finalità applicative, è consigliabile per accedervi l'acquisizione di nozioni di giacimentologia e di tecniche estrattive come pure della costruzione di macchine.

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.

816

PRODUZIONE E TRASPORTO DEGLI IDROCARBURI

Docente: **Guido Gottardi** prof. ass.

Il corso 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 spon-

tanea, 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 solution). Metodi diretti ed iterativi 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.

1019
TECNICA DEI SONDAGGI
Docente: **Giovanni Brighenti** prof. ord.

Finalità del corso: il corso 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.

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 il corso vengono svolte *esercitazioni* di calcolo, di laboratorio e visite a impianti.

Testi consigliati:

GATLIN, *Petroleum Engineering: Drilling and Well Completion*, Prentice Hall.
INSTITUT FRANÇAIS DU PETROLE, *Cours de Forage*, Ed. Technip.
ENCICLOPEDIA DEL PETROLIO E DEL GAS NATURALE, *Voce Perforazione*, Ed. C. Colombo.
CAMBEFORT, *Forages et Sondages*, Ed. Eyrolles.
MABILLOT, *Le forage d'eau*, Ed. Crep Johnson.
AGI, *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*.
A. KÉZDI, *Handbook of Soil Mechanics*, Vol. 2: Soil Testing, Elsevier.

Esami orali.
Propedeuticità consigliate: Geologia, Meccanica delle rocce.
Tesi di Laurea: teoriche, sperimentali, di progetto.

6804
TOPOGRAFIA
Docente: **Lamberto Pieri** prof. ord.

Cenni storici. Rappresentazione approssimata dell'ellissoide: campo geodetico e campo topografico. Coordinate curvilinee sull'ellissoide e relazioni reciproche. Cenni di rappresentazione della superficie terrestre su di un piano: carte geografiche.

Strumenti topografici per il rilievo con particolare riguardo a quello sotter-

raneo. 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 geominerarie.

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 minera. 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.

Fondamenti di fotogrammetria. La fotogrammetria terrestre e sua utilizzazione in miniera. La fotointerpretazione e sua utilizzazione per ricerche minerarie. Parametri delle fotografie. Riconoscimenti sui fotogrammi di strutture semplici sedimentarie e tettoniche. Giacitura degli strati e loro riconoscimento sui fotogrammi: strati orizzontali, verticali ed inclinati. Pieghe e foglie. Caratteristiche fotografiche dei principali tipi litologici: rocce sedimentarie, argille e marne. Calcari e dolomie. Evaporiti. Rocce eruttive. Rocce metamorfiche. Simboli per le carte fotogeologiche. Geostatica e sua utilizzazione nella prospezione mineraria.

Testi consigliati:

Dispense del corso (in distribuzione presso l'Istituto).
P. DORE, *Topografia e geodesia*, Patron, Bologna 1948.
G. INGHILLERI, *Topografia generale*, UTET 1974.
T. SEGUITI, *Topografia di miniera*, ed. Hoepli.
AMADESI, *Fotointerpretazione e aerofotogrammetria*, Pitagora, Bologna, 1975.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA 2006

Programmi delle materie di insegnamento.

1352
ANALISI MATEMATICA I

Docenti: **Pier Luigi Papini** prof. ord. (Elettronici A-K)
Bianca Rosa Bellomo prof. inc. (Elettronici L-Z)

Le finalità del corso sono essenzialmente due:
a) fornire allo studente alcuni strumenti matematici necessari per i corsi successivi;
b) insegnare un metodo di studio della matematica, affinché lo studente sia in grado di apprendere facilmente le nozioni matematiche che gli saranno necessarie e che non sono svolte nel corso.

Programma

Elementi di teoria degli insiemi. Sistema di numeri reali. Numeri complessi. Successioni reali. Successioni complesse. Funzioni reali di una variabile reale: limiti, continuità, derivabilità. Teoremi fondamentali del calcolo differenziale. Formula di Taylor. Massimi e minimi relativi. Teoria dell'integrazione per le funzioni di una variabile. Integrazione delle funzioni elementari. Serie numeriche e integrali generalizzati. Serie di funzioni.

Testi consigliati:

CECCONI, STAMPACCHIA, *Analisi matematica*, I vol. Funzioni di una variabile, Liguori.
CECCONI, PICCININI, STAMPACCHIA, *Esercizi e problemi di Analisi matematica*, Liguori.
LANCONELLI, OBRECHT, *Esercizi di Analisi matematica I*, Pitagora.
E. GIUSTI, *Analisi matematica I parte*, Pellegrini.
M.R. SPIEGEL, *(Teoria e problemi di) Analisi matematica*, Etas Libri (Collana Schaum).

1356
ANALISI MATEMATICA II
Docenti: **Luigi Cerofolini** prof. ass. (Elettronici A-K)
Carlo Ravaglia prof. inc. stab. (Elettronici L-Z)

Finalità del Corso

Il Corso si propone di presentare, utilizzando gli strumenti introdotti nei Corsi di Analisi matematica I e di Geometria Analitica, alcuni argomenti matematici particolarmente importanti per le Scienze applicate.

Programma

Misura dei compatti in 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. Equazioni 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 e coefficienti costanti. Equazioni lineari d'ordine superiore. Soluzione delle equazioni lineari a coefficienti costanti. Spazio delle fasi.

Curve in R^n. Parametrizzazioni. 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 Poincare.

Superfici in R^n. Parametrizzazioni. 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.

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.
M.H. HIRSCH, S. SMALE, *Differential equations, dinamical system and linear algebra*, Academic Press, 1974.
L.H. LOOMIS, S. STERNBERG, *Advanced Calculus*, Addison Wesley, 1968.

4524
ANALISI NUMERICA
Docente: **Stefano Alliney** prof. ass.

Programma

1. Sistemi di equazione lineari.
Generalità. Spazi vettoriali normati. Prodotto scalare. Operatori lineari. Metodo di Gauss e sue varianti. Fattorizzazione LU. Fattorizzazione di Cholesky. Norme matriciali e indici di condizionamento. Analisi dell'errore. Raffinamento a posteriori. Metodi iterativi. Studio della convergenza. Teoremi di Gerschgorin. Metodi Gauss-Seidel e "over-relaxation". Problema lineare dei minimi quadrati. Trasformazioni ortogonali e matrici di Householder.

2. Autovalori e autovettori.
Generalità. Richiami di teoria spettrale degli operatori lineari. Metodo di Jacobi. Riduzione a forma quasi triangolare. Metodo QR.

3. Sistemi di equazioni non lineari.
Problemi di punto fisso. Ordine di un procedimento iterativo. Metodo di Newton e sue varianti. Metodi quasi-Newtoniani.

4. Interpolazione.
Interpolazione polinomiale. Formula di Lagrange. Differenze divise. Rappresentazione del resto. Interpolazione inversa. Interpolazione mediante spline bicubiche. Regolarizzazione mediante spline.

5. Integrazione.
Formule di Newton-Cotes. Metodi tipo Gauss. Il metodo di Romberg. Soluzione numerica di equazioni integrali. Problemi "mal posti".

6. Equazioni differenziali ordinarie.
Problemi a valori iniziali. Metodi a un passo e a più passi. Metodi Runge-Kutta. Metodi tipo Adams. Problemi con condizioni ai limiti e metodi di "shooting". Analisi dell'errore. Stabilità.

7. Equazioni differenziali alle derivate parziali.
Questioni di esistenza e unicità della soluzione. Metodi alle differenze finite.

Convergenza e stabilità. Teorema di Lax. Criterio di von Neumann. Calcolo delle variazioni. Teorema di Lax-Milgram. Spazi funzionali. Nozioni di soluzione debole. Elementi finiti. Problemi ellittici. Problemi parabolici.

Testi consigliati:

G.C. BAROZZI, *Introduzione agli algoritmi dell'algebra lineare*, Zanichelli, 1976.
S.D. CONTE e C. DE BOOR, *Elementary numerical analysis*, McGraw-Hill, 1980.
G.E. FORSYTHE et al., *Computer methods for mathematical computations*, Prentice-Hall, 1977.
J. STOER e R. BULIRSCH, *Introduction to numerical analysis*, Springer-Verlag, 1980.
R.D. RICHTMYER e K.W. MORTON, *Difference methods for initial value problems*, 2° ed., Wiley Interscience, 1967.
P.G. CIARLET, *The finite element method for elliptic problems*, North-Holland, 1978.

1679
AUTOMAZIONE E ORGANIZZAZIONE SANITARIA
Docente: **Gianni Gnudi** prof. ass.

Il corso tratta i problemi generali connessi con l'organizzazione e la gestione di un sistema sanitario ed i problemi specifici riguardanti l'automazione di alcuni servizi ospedalieri.

Programma

Parte prima
- La legislazione in campo sanitario: la legge ospedaliera, linee di tendenza della riforma sanitaria, il servizio sanitario regionale.
- Modellistica dei servizi sanitari: metodi di analisi e di progetto di strutture sanitarie.
- Gestione automatica dell'informazione clinica: la cartella clinica per archivi automatizzati e caratteristiche dei sistemi per l'archiviazione e la gestione dei dati clinici.

Parte seconda
- Strumentazione automatizzata: elementi di "hardware" e "software" di un calcolatore di processo ed in particolare del sistema ingresso-uscita. Problemi di interfaccia calcolatore-strumentazione. I convertitori A/D e D/A. Cenno alle caratteristiche dei dischi magnetici a teste fisse e mobili e ai problemi di gestione di questi dispositivi. Cenno alle caratteristiche dei display alfanumerici, dei plotter digitali e digitalizzatori di immagini.
- Elaborazione dei segnali biologici: elementi di filtraggio numerico. Riconoscimento di configurazioni. Analisi automatica dell'ECG, EEG e dei pressogrammi. Ricostruzione delle immagini nella tomografia assistita da calcolatore.
- Automazione di alcuni servizi ospedalieri: Laboratorio di cateterismo cardiaco.

Unità di terapia intensiva. Laboratorio di analisi cliniche.
— Problemi di diagnosi automatica.

Testi consigliati:

Dispense redatte a cura del docente.

3569
BIOAUTOMATICA
Docente: **Enzo Belardinelli** prof. ord.

Il corso di Bioautomatica si propone, nella prima parte, di fornire quelle conoscenze di carattere fisiologico essenziali per il bioingegnere. Il tipo di trattazione, peraltro, è profondamente diverso da quello seguito presso la Facoltà medica e biologica; si fa ampio uso, infatti, del metodo fisico-matematico, più congeniale alla mentalità dell'ingegnere.

Nella seconda parte del corso sono trattati i problemi della identificazione strettamente connessi ai problemi della modellistica matematica.

Programma

Gli argomenti trattati sono:
— Il muscolo scheletrico e cardiaco (caratteristiche funzionali e modelli matematici).
— Il sistema cardio circolatorio (caratteristiche funzionali e modelli matematici).
— Il sistema nervoso (id. id.).
— I modelli a compartimenti.
— Fondamenti di diagnostica automatica mediante uso di modelli.
— Metodi di identificazione funzionale e parametrica.

Testi consigliati:

Appunti distribuiti dal docente.

Esami: — una prova scritta, seguita immediatamente, se superata, dalla prova orale.
— Esercitazioni di tipo monografico con suddivisione in gruppi degli studenti.

3716
CALCOLATORI ELETTRONICI
Docente: **Maurelio Boari** prof. ord.

Finalità del Corso

Il corso 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

Modalità di gestione di un sistema di calcolo: a lotti (batch), multipogrammazione, divisione di tempo (time-sharing), tempo reale. Problemi di gestione delle risorse di un sistema di calcolo: definizione delle proprietà e funzioni principali di un Sistema Operativo. Processi e cooperazione: definizione di processo sequenziale, cooperazione tra processi, il nucleo di un sistema a processi, primitive di sincronizzazione e scambio messaggi, problemi di blocco dei processi (deadlock). Linguaggi per l'implementazione di sistemi concorrenti: tipi di dati astratti, monitor. Gestione della memoria: memoria virtuale, tecniche di realizzazione della memoria virtuale. Gestione dei dispositivi di ingresso-uscita: primitive di gestione dell'ingresso-uscita, virtualizzazione delle periferiche, tecniche di utilizzo della memoria a buffer. Gestione dell'unità centrale di elaborazione (C.P.U.): algoritmi per l'assegnazione ai processi della C.P.U. Problemi di protezione delle informazioni in memoria: tecniche hardware e software per la protezione delle informazioni.

Cenni sul problema di gestione delle informazioni e sulla struttura di un File System.

Testi consigliati:

M. BOARI, *Tecniche di programmazione - Programmazione concorrente*, Pàtron, 1979.

6464

CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE

Docenti: **Remo Rossi** prof. ord. (Elettronici A-K)
Paolo Toth prof. ord. (inc.) (Elettronici L-Z)

Il corso si propone di fornire agli studenti i principi fondamentali per l'analisi e la risoluzione di diverse classi di problemi mediante l'uso di elaboratori elettronici.

Programma

Analisi del problema e progetto degli algoritmi

Metodi di analisi di un problema. Proprietà di un problema perché sia conveniente la soluzione su un calcolatore: dimensione, ripetitività, precisione. Definizione di algoritmo e sue proprietà.

Definizione di un linguaggio per la rappresentazione degli algoritmi

Scelta del linguaggio. Linguaggio a diagrammi di flusso. Linguaggio PASCAL semplificato. Definizione degli elementi di base del linguaggio: alfabeto, costanti, variabili, operatori, espressioni, istruzioni. Procedure. Descrizione strutturata degli algoritmi.

Descrizione funzionale di un calcolatore elettronico

Processo di elaborazione automatico. Funzioni di ingresso-uscita, memorizzazione, calcolo, controllo. Linguaggio macchina. Concetto di programma. Esempi di algoritmi risolti in linguaggio macchina. Rappresentazione informazioni sul calcolatore: caratteri numerici, alfabetici e speciali. Sistemi di misurazione decimale, binario, ottale. Problemi di arrotondamento e di precisione. Cenni sulla struttura del compilatore e del sistema operativo.

Linguaggi di programmazione

Considerazioni generali sui linguaggi di programmazione e loro classificazione. I linguaggi FORTRAN e PASCAL.

Analisi degli algoritmi

Analisi delle prestazioni di un algoritmo: tempo di esecuzione e memoria occupata in funzione dei dati. Cenni alla teoria della complessità degli algoritmi.

Algoritmi di calcolo numerico.

Operazioni elementari sulle matrici e calcolo di determinanti. Calcolo delle radici reali di equazioni algebriche e trascendenti. Sistemi di equazioni lineari e inversione di matrice. Metodi di interpolazione e minimi quadrati. Calcolo di integrali definiti. Equazioni differenziali. Problemi di errore.

Strutture dei dati ed esempi di algoritmi

Vettori e matrici, tabelle. Metodi di ordinamento e di ricerca dei dati. Strutture non elementari dei dati. Stringhe e liste. Code e pile. Matrici sparse. Grafi. Esempi di algoritmi di elaborazione su matrici, insiemi, tabelle, liste, alberi e grafi.

Testi consigliati:

P. DELLA VIGNA, C. GHEZZI, R. MORPURGO, *Fondamenti di Informatica*, CLUP, Milano, 1980.

Dispense a cura dei Docenti.

Gli *esami* constano di una prova scritta sugli algoritmi e sul linguaggio di programmazione FORTRAN e di una prova orale.

Le *esercitazioni* riguardano la messa a punto di algoritmi e di programmi di calcolo con l'uso di un elaboratore elettronico.

Indirizzo delle *Tesi di laurea*:

Tecniche di programmazione; definizione di algoritmi; strutture di dati. Linguaggi di programmazione.

5698
CAMPI ELETTROMAGNETICI E CIRCUITI I
Docenti: **Giancarlo Corazza** prof. ord. (Elettronici A-K)
Vittorio Rizzoli prof. ord. (Elettronici L-Z)

Finalità del corso:

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 riflettenza e immettenza.

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 matematica – Elettronica applicata I.

Le *Tesi di laurea* sono assegnate solo a studenti dell'indirizzo Telecomunicazioni.

5699
CAMPI ELETTROMAGNETICI E CIRCUITI II
Docente: **Maurizio Zoboli**, prof. ass.

Il corso si propone di approfondire le conoscenze sulla propagazione in mezzi non omogenei, con particolare riguardo ad un canale trasmissivo in fibra ottica, particolarmente importante nelle applicazioni. Vengono esaminati da un punto di vista elettromagnetico di elementi principali costituenti il canale stesso: il mezzo trasmissivo, le sorgenti, i rivelatori.

(a) Il mezzo trasmissivo: analisi elettromagnetica di guide dielettriche a brusco salto dell'indice di rifrazione. Interpretazione dei modi guidati in termini di raggi complessi. Eccitazione trasversa della guida. Guide a profilo graduale dell'indice di rifrazione: analisi approssimate con tecnica del WKB. Scelta del profilo ottimo al fine dell'equalizzazione dei ritardi di gruppo. Inviluppi complessi. Definizione della funzione di trasferimento, in banda base, di una fibra ottica.

(b) Sorgenti di radiazione: campi quasi monocromatici. Funzione di correlazione di campi quasi monocromatici. Coerenza della radiazione. Tempo di coerenza e larghezza spettrale. Sorgente di radiazione coerente e incoerente. Cenni sui diodi laser e su diosi elettroluminescenti. Cenni sulle grandezze radiometriche.

(c) Rivelatori: aspetti statistici del processo di rivelazione. Il rumore quantico. Il processo di moltiplicazione a valanga. Cenni sulla statistica del processo di rivelazione a valanga. Il rivelatore ottico come demodulatore quadratico.

(d) Il canale trasmissivo: canale trasmissivo limitato per attenuazione. Effetti del rumore quadratico, di moltiplicazione a valanga e gaussiano ai fini del tasso di errore nel caso di trasmissione numerica. Canale trasmissivo limitato in banda. Il problema dell'equalizzazione in banda base. Esempio di progetto di un canale di trasmissione in fibra ottica.

Testi consigliati:

Dispense redatte dal docente.

Propedeuticità consigliate: Campi Elettromagnetici e Circuiti I, Comunicazioni Elettriche I.

1361
CHIMICA
Docenti: **Flavio Zignani** prof. ord. (Elettronici A-K)
Bruno Fortunato prof. ass. (Elettronici L-Z)

Il corso si propone: a) inquadrare in modo del tutto generale l'intero campo delle proprietà microscopiche dei sistemi chimici analizzando la struttura delle mo-

lecole, degli atomi e dei nuclei atomici; b) coordinare l'insieme delle proprietà macroscopiche dei sistemi chimici impiegando la trattazione termodinamica, e facendo uso, ove possibile, delle conoscenze sulla 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.

Programma

Parte I: Struttura macroscopica e microscopica dei sistemi chimici.

La struttura atomica della materia. Struttura del nucleo e radioattività: cenni sulla fissione e fusione nucleare. Struttura elettronica degli atomi. Distribuzione degli elettroni negli atomi e sistema periodico degli elementi. Legame chimico: a) legame ionico; b) legame covalente; c) legame metallico; d) legami deboli fra le molecole: forze di Van der Waals, legame a idrogeno.

Parte II: I tre stati di aggregazione della materia.

Stato gassoso. Stato liquido e soluzioni. Stato solido: struttura dei cristalli e reticoli cristallini; cristalli ionici: struttura del cloruro di sodio, del cloruro di cesio, della fluorite, della blenda; cristalli covalenti: struttura del diamante, della grafite; cristalli molecolari; cristalli metallici: struttura cubica a facce centrate, a corpo centrato, esagonale compatta. Cenni sui difetti reticolari.

Parte III: Reazioni chimiche e equilibrio chimico.

Reazioni chimiche: calcoli stechiometrici. 1° Principio della termodinamica e termochimica. 2° Principio della termodinamica ed equilibrio chimico. 3° Principio della termodinamica e calcolo dell'entropia assoluta. Equilibri ionici in soluzione acquosa. Elettrochimica. Equilibri nei sistemi polifasici. Cinetica delle reazioni chimiche.

Tesi consigliati:

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di Chimica*, Ed. UTET.
R.H. MAHAN, *Chimica generale e Inorganica*, Ed. Ambrosiana.

6465
CHIMICA FISICA (per Elettronici)
Docente: **Agostino Desalvo** prof. ass.

Il corso si propone di fornire le nozioni chimico-fisiche di base necessarie per approfondire lo studio dei processi visti nel corso di Microelettronica e di approfondire dal punto di vista fisico le nozioni sulla struttura e proprietà dei solidi introdotte nel corso di Elettronica Applicata III.

Programma

1) Nozioni fondamentali di termodinamica statistica.

I principio della termodinamica: energia interna, entalpia, calore specifico. II principio della termodinamica: entropia, energia libera. Sistemi a composizione variabile: potenziale chimico. III principio della termodinamica. Transizioni di fase del primo e del secondo ordine. Energia libera standard di reazione ed equilibrio chimico. Interpretazione statistica dell'entropia: distribuzioni statistiche di Maxwell-Boltzmann, di Bose-Einstein, di Fermi-Dirac.

2) Struttura cristallina e legame nei solidi.
Reticoli cristallini, reticolo reciproco, zone di Brillouin. Vibrazioni reticolari nei cristalli. Calore specifico: modello di Debye, funzioni termodinamiche e equazione di stato dei solidi. Orbitali atomici e orbitali molecolari. Legame covalente e legame ionico. Bande di energia nei solidi. Orbitali ibridi e bande nei semiconduttori. Modello dell'elettrone libero e quasi- libero nei metalli. Statistica degli elettroni in un semiconduttore. Diffusione dei portatori e giunzioni p-n. Proprietà ottiche dei solidi in relazione al tipo di legame.

3) Termodinamica dei solidi e difetti reticolari.
Soluzioni solide: soluzioni ideali, soluzioni non ideali e coefficienti di attività, soluzioni regolari, transizioni ordine-disordine. Difetti puntiformi nei solidi: vacanze e interstiziali nei metalli, interazione tra difetti atomici ed elettronici nei semiconduttori, difetti puntiformi nei cristalli ionici. Processi di diffusione nei solidi.

Testi consigliati:

Sono disponibili appunti informali del corso redatti a cura del docente.

Esame orale.

Proprietà consigliate: Elettronica Applicata III.

189
COMPLEMENTI DI MATEMATICHE
Docenti: **Franca Tesi in Rossi** prof. inc. stab. (Elettronici A-K)
Giulio Cesare Barozzi prof. ord. (Elettronici L-Z)

Finalità del corso

Fornire agli studenti gli strumenti matematici per seguire i corsi relativi alla laurea in Ingegneria Elettronica.

Programma

Funzioni analitiche

Derivazione in campo complesso. Condizioni di Cauchy-Riemann. Interpretazione geometrica dell'analiticità. Punti singolari isolati e no. Integrazione in campo complesso. Teorema di Cauchy. Formula integrale di Cauchy. Teorema di Morera. Serie di Taylor. Zeri semplici e multipli. Serie di Laurent. Singolarità all'infinito. Teorema di Liouville. Sviluppo in serie valido in tutto il piano complesso. Residuo di una funzione analitica. Teorema dei residui. Prolungamento ana-

litico. Definizione di funzione analitica secondo Weierstrass. Funzioni polidrome. Punti di diramazione e determinazioni. Superficie di Riemann. Teorema dell'indice logaritmico.

Richiami di Algebra lineare

Spazi e sottospazi vettoriali. Basi e dimensione. Spazi con prodotto scalare. Famiglie ortogonali. Il problema lineare dei minimi quadrati. Autovalori e autovettori.

Serie di Fourier

Approssimazione delle funzioni reali. Serie di F. Condizioni di Dirichlet e teorema di convergenza. Spettro di fase e di ampiezza. Serie di F. in termini complessi. Integrale di F. Trasformazioni integrali: trasformata di F. e di Laplace e loro connessione. L.T. della derivata e dell'integrale. Metodi di inversione della L.T. Teorema del valor iniziale e del valor finale. Applicazione della L.T. alla risoluzione delle eq. differenziali lineari a coeff. costanti. L.T. delle funzioni fondamentali. Teorema del prodotto integrale. Antitrasformazione delle funzioni razionali. Applicazione della L.T. allo studio di un sistema fisico.

Equazioni differenziali alle derivate parziali

Eq. differenziali del 1 ordine. Problema di Cauchy. Eq. diff. del 1 ordine lineari e omogenee. Eq. complete. eq. diff, del 2 ordine e 2 variabili. Il problema di Cauchy. Varietà caratteristiche e loro significato. Classificazione delle eq. diff. in base alle caratteristiche. Forme canoniche. Integrazione con i metodi di separazione delle variabili e con la L.T. Risoluzione delle eq. delle vibrazioni elastiche, di propagazione del calore e di Laplace. Cenno alle eq. di Bessel.

Testi consigliati

E. DE CASTRO, *Complementi di Analisi Matematica,* Zanichelli.
C.R. WYLIE, *Advanced engineering mathematics*, McGraw Hill
A. GHIZZETTI, L. MARCHETTI, A. OSSICINI, *Lezioni di complementi di matematica,* V. Veschi (Roma)
M.R. SPIEGEL, *Advanced mathematics for engineers and scientists,* McGraw Hill

Gli *esami* constano di una prova scritta facoltativa e di una prova orale.
Oltre agli appelli si effettuano appelli mensili.

Propedeuticità consigliata: Calcolo elettronico.

4179
COMUNICAZIONI ELETTRICHE I
Docenti: **Leonardo Calandrino** prof. ord. (Elettronici A-K)
Gianni Immovilli prof. ord. (Elettronici L-Z)

Finalita del corso

Il corso si propone di fornire i criteri di progetto dei collegamenti per telecomunicazioni mediante lo studio sistemistico dei collegamenti stessi e di introdurre le problematiche essenziali di rete; viene pure fornita un'apertura verso la rete integrata nei servizi e nelle tecniche.

Programma

Rete di telecomunicazioni.
Trasmissione, commutazione, segnalazione.

Analisi dei segnali. Il rumore di fondo.
Analisi dei segnali deterministici ed applicazione allo studio dei sistemi fisici normali. Campionamento. I processi stocastici. Stazionarietà. Ergodicità. Spettro di potenza di una funzione aleatoria. Natura dei segnali che più interessano le telecomunicazioni. Segnali analogici e segnali numerici. Segnali multicanale (FDM e TDM). Il rumore di fondo. Principali cause di rumore nei circuiti elettronici. Temperatura equivalente di rumore di un apparato lineare e di una sorgente di segnale.

Sistemi di trasmissione in banda base.
Le linee di trasmissione. Trasmissioni analogiche e numeriche su linea. Qualità del collegamento (rapporto segnale/rumore o probabilità di errore). Progetto di massima di collegamenti in banda base.

Elementi di teoria della modulazione.
Oscillazioni sinusoidali modulate in ampiezza ed in angolo. Proprietà spettrali, generazione, demodulazione.

Sistemi di trasmissione passa-banda.
Trasmissione di oscillazioni modulate su canali passa-banda. Radiodiffusione. Ponti radio analogici e digitali. Rapporto segnale/rumore o probabilità di errore nei vari sistemi di modulazione. Progetto di massima di radiocollegamenti.

Cenni sulla rete integrata nei servizi e nelle tecniche.

Esercitazioni in aula ed in laboratorio.

Testi consigliati:

E. DE CASTRO, *Fondamenti di Comunicazioni elettriche*, Zanichelli, Bologna.
L. CALANDRINO, G. IMMOVILLI, *Sistemi di modulazione per trasmissioni numeriche*, Patron, Bologna.

Esami scritti e orali.
Propedeuticità consigliate: Complementi di matematiche, Elettronica applicata I.

5700
COMUNICAZIONI ELETTRICHE II
Docente: **Giorgio Corazza** prof. ass.

Finalità del corso

Il corso tratta i problemi della rete di telecomunicazioni e si propone di fornire i criteri di dimensionamento, tenendo conto delle varie tecniche di trasmissione, commutazione e segnalazione.

Programma

Rete di telecomunicazioni — Obiettivi della rete di telecomunicazioni, funzioni svolte, servizi offerti. Integrazione dei servizi. Dimensione della rete, del mercato e dell'utenza. Conseguenze tecnico-economiche. Organismi internazionali di coordinamento. Piani regolatori nazionali.

Elementi di teoria del traffico — Grandezze che caratterizzano il traffico. Il traffico come processo aleatorio. Catene di Markov. Sistemi di code. Traffico telefonico. Formule di Erlang. Traffico di trabocco. Traffico di tipo dati.

Commutazione di circuito — Struttura di un centro di commutazione: funzioni di connessione e di comando. Segnalazione. Cenni storici sulle centrali telefoniche: centrali manuali, centrali elettromeccaniche, centrali controllate elettronicamente. Segnalazione associata al circuito. Commutazione elettronica numerica: reti di connessione a divisione di tempo PAM e PCM. Segnalazione a canale comune.

Commutazione di messaggio e di pacchetto — Reti di telematica: obiettivi e funzioni svolte. Architettura delle reti a strati. Modelli di riferimento OSI a 7 strati. Protocolli e interfacce per i vari strati. Esempi di protocolli per reti pubbliche. Reti locali.

Rete integrata nei servizi e nelle tecniche — Criteri di dimensionamento e pianificazione.

Esercitazioni in aula e in laboratorio.

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. LE MOLI, *Telematica: architetture, protocolli, servizi*, ISEDI, A. Mondadori, Milano.

Esami orali.
Propedeuticità consigliate. Comunicazioni elettriche I, Elettronica applicata II, Reti logiche.

3694
CONTROLLI AUTOMATICI I
Docenti: **Eugenio Sarti** prof. ord. (Elettronici A-K)
Gianni Bertoni prof. ord. (Elettronici L-Z)

Finalità del corso

Fornire agli studenti i metodi di progetto dei sistemi di controllo, inquadrati nei principi e concetti della teoria dei sistemi.

Programma

Matrici e funzioni di trasferimento — struttura, realizzazione, stabilità: metodo di Routh-Hurwitz.

Analisi delle risposte modali — Dipendenza dagli autovalori. Indagine sulla posizione degli autovalori: luogo delle radici.

Analisi nel dominio delle frequenze — Risposta frequenziale. Analisi della stabilità: criterio di Nyquist. Legame fra le risposte nel dominio dei tempi e delle frequenze.

Sintesi dei regolatori con retroazione dallo stato — Osservazione dello stato. Assegnazione degli autovalori. Controllo integrale.

Metodi di sintesi nel dominio delle frequenze — Reti correttrici e regolatori standard.

Testi consigliati:

E. BELARDINELLI, *Controlli Automatici*, Ed. Pitagora, Bologna.
Appunti integrativi distribuiti dai docenti.

Esame: orale, eventualmente preceduto da prova scritta preliminare, da farsi nello stesso giorno dell'orale.

Esercitazioni: in aula su componenti ed esempi di progetto.

Propedeuticità consigliate: Teoria dei sistemi; Complementi di matematiche; Elettronica applicata I.

3695
CONTROLLI AUTOMATICI II
Docente: **Marco Tibaldi** prof. inc. stab.

Finalità del corso

Partendo dalle nozioni di base acquisite nel corso di "Controlli automatici" e di "Teoria dei sistemi" il corso affronta il problema generale della sintesi dei

sistemi di controllo complessi sia nel caso in cui gli ingressi si possano considerare di tipo deterministico e le uscite sostanzialmente prive di rumore sia nel caso in cui tali grandezze abbiano anche una componente non trascurabile di tipo stocastico.

Programma

1 - Il problema della stima asintotica dello stato; teoria generale dell'osservatore identità; osservatore identità generalizzato; osservatori di ordine ridotto.
2 - L'assegnamento dei poli; assegnabilità dei poli e controllabilità e/o osservabilità; assegnabilità dei poli per sistemi a r ingressi ed m uscite; proprietà di un sistema chiuso in retroazione attraverso il suo osservatore.
3 - Il controllo ottimo in retroazione: controllori e regolatori. Applicazioni del controllo ottimo in retroazione; il luogo quadratico delle radici; l'insegnamento del modello.
4 - La sintesi dei sistemi di controllo con ingressi aleatori; modelli matematici di processi stocastici; il problema della stima ottima; il filtro di Kalman.

Testi consigliati

G. BERTONI, S. BEGHELLI, G. CAPITANI, M. TIBALDI, *Teoria e tecnica della regolazione automatica.*

L'*esame* consiste in una prova orale.

Le *esercitazioni* sono inserite senza soluzione di continuità durante lo svolgimento della parte teorica a cui si riferiscono.

Propedeuticità consigliate: Teoria dei sistemi, Controlli automatici I.

Tesi di laurea: riguardano studi teorici e metodi numerici inerenti all'analisi e alla sintesi dei sistemi.

4126
CONTROLLO DEI PROCESSI
Docente: **Claudio Bonivento** prof. ord.

Finalità del corso

Il corso 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. Il corso 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.

Programma

La materia trattata può essere suddivisa in 4 sezioni fondamentali: Modellistica ed identificazione, Ruolo e caratteristiche del calcolatore di processo, Algoritmi e tecniche di controllo; Casi di applicazione.

Parte I: *Modellistica ed 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.

Parte II: *Ruolo e Caratteristiche del Calcolatore di Processo.*

Controllo digitale diretto. Controllo di supervisione. Controllo gerarchico. Parametri caratteristici che influenzano le prestazioni di un calcolatore. Strumentazione di interfaccia con il processo. Il sistema delle interruzioni. Cenni ai sistemi operativi in tempo reale.

Parte III: *Algoritmi e Tecniche di Controllo.*

Algoritmi di controllo standard basati su ipotesi semplificative del modello del processo quali PID, Deadbeat, ecc. e tecniche per la loro calibrazione. Scelta del tempo di campionamento. Alcuni problemi di controllo ottimo: trasferimento dello stato in tempo minimo. Loro soluzione con le tecniche della programmazione matematica. Regolatori adattativi.

Parte IV: *Casi di Applicazione.*

Il problema del controllo di una macchina per produzione di carta: impiego dei modelli dinamici lineari per il controllo in linea a minima varianza. Il problema del bilancio materiali in impianti petrolchimici: uso di una tecnica di ottimizzazione statica a due livelli. Illustrazione delle fasi di progetto e di realizzazione di un sistema di controllo utilizzante un microcalcolatore.

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.

Lo svolgimento della prova di *esame* consiste normalmente nella discussione di un esercizio (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 un package didattico utilizzabile per la soluzione dei principali algoritmi di identificazione e controllo presentati. Gli studenti possono utilizzare tale package al terminale della Facoltà.

Propedeuticità: E' consigliabile avere già nozioni di Controlli Automatici, Reti logiche, Teoria dei sistemi e la conoscenza del linguaggio FORTRAN.

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.

1365

DISEGNO

Docenti: **Fulvio Terragni** prof. inc. stab. (Elettronici A-K)
Antonio Strozzi prof. ass. (inc.) (Elettronici L-Z)

Finalità del corso

Il corso si prefigge lo scopo di introdurre le nozioni necessarie per la comprensione del linguaggio comune del disegno tecnico facendo acquisire agli allievi la capacità di interpretare ed eseguire la rappresentazione grafica di singoli elementi tridimensionali e loro mutui collegamenti.

Il corso ha inoltre la funzione di fornire un panorama dei dispositivi di ingresso-uscita necessari alla realizzazione di sistemi per l'elaborazione grafica interattiva, illustrando anche i principi di base sui quali si fonda il software applicativo per la grafica e la progettazione assistita da calcolatore.

Programma

Strumenti per il disegno.
Linee e scritturazioni unificate. Scale di proporzione.
Costruzioni geometriche fondamentali.
Proiezioni ortogonali. Assonometrie. Ribaltamenti.
Dispositivi delle viste e norme di rappresentazione.
Le sezioni nel disegno tecnico.
Norme e criteri di quotatura.

Rappresentazione di complessivi ed estrazione di particolari.
Brevi cenni sulle lavorazioni meccaniche (plastiche e ad asportazione di truciolo).
Tolleranze di lavorazione, Rugosità.
Collegamenti mediante organi filettati.
Collegamenti per alberi e mozzi.
Classificazione dei materiali metallici.
Cenni di trasmissione del moto rotatorio (cinghie, ruote di frizione, ruote dentate).
Cuscinetti radenti e volventi.

Introduzione alla grafica interattiva mediante calcolatore:

- origini e sviluppo dei sistemi grafici;
- applicazioni della grafica su calcolatore: CAD, CAM, CAE;
- generalità sui calcolatori: struttura di un sistema di elaborazione, unità lente di ingresso e/o uscita, memorie di massa;
- periferiche grafiche: terminali video, plotters;
- periferiche grafiche di input;
- il menù;
- modelli geometrici e strutture gerarchiche: rappresentazione di punti, trasformazioni, costruzione interattiva di un modello, modifica;
- archivi di dati: basi dati e grafica su calcolatore.

Testi consigliati:

1) Appunti redatti dal docente.
2) MANFE', POZZA, SCARATO, *Disegno meccanico*, Principato Editore, Milano (I e II vol.).
3) MANFE', POZZA SCARATO, *Manuale di disegno meccanico*, Principato Editore, Milano.

Regolamento del corso

1 - L'attestazione di frequenza viene data d'ufficio, al termine del corso, a tutti gli allievi iscritti al 1° anno di Ingegneria Elettronica senza nessuna particolare formalità.
2 - Gli elaborati grafici eseguiti dagli studenti durante le esercitazioni vengono corretti durante le esercitazioni stesse.
3 - L'allievo che non potesse eseguirli regolarmente in aula di disegno è comunque tenuto a svolgerli ed a consegnarli al momento dell'esame.
4 - Di norma gli esercizi grafici, devono venire eseguiti a matita su foglio di carta bianca opaca formato A3 o A4, squadrati e con la tabella *compilata con inchiostro nero*. I fogli formato A3 devono sempre venire consegnati *correttamente piegati*.
5 - I testi di tutti gli esercizi consegnati possono venire ritirati presso l'Istituto di Meccanica applicata alle Macchine, V.le Risorgimento, 2, II piano (orario: 9-12, 15-17 sabato escluso).
6 - Per ottenere l'esame, il candidato è tenuto a consegnare alla Commissione esaminatrice, debitamente svolti, tutti gli esercizi assegnati durante l'anno accademico.

7 - Gli studenti che abbiano svolto in aula durante le esercitazioni 12 elaborati (firmati dal docente, alla fine dell'esercitazione) comprendenti almeno 4 fra quelli eseguiti negli ultimi due mesi del corso sosterranno un esame ridotto.

Svolgimento degli esami

Alla fine del corso viene pubblicato l'elenco degli elaborati svolti durante l'anno.

L'ammissione all'esame è subordinata alla iscrizione in lista del nome dello studente. L'esame consiste di una prova grafica e di una prova orale integrativa. La prova grafica è costituita dall'esecuzione del disegno di un particolare estratto da un complessivo, dallo schizzo di un collegamento tra organi meccanici e dalla compilazione di un questionario sulla materia svolta durante il corso. Di norma, compatibilmente con la disponibilità sulla materia svolta durante il corso. Di norma, compatibilmente con la disponibilità di aule, si effettuano per ogni anno solare 7 prove scritte: due nella sessione estiva, due nella sessione autunnale, una nella sessione invernale, una a dicembre e una ad aprile. Le prove orali vengono programmate d'accordo con gli studenti.

251

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (per Elettrotecnici ed Elettronici)
Docente: **Dino Zanobetti** prof. ord. (inc.)

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Elettrotecnica)

2438

ELETTRONICA APPLICATA I
Docenti: **Sergio Graffi** prof. ord. (Elettronici A-K)
Pier Ugo Calzolari prof. ord. (Elettronici L-Z)

Il corso si propone di fornire allo studente gli strumenti fondamentali per l'analisi di qualunque circuito elettronico i cui componenti siano caratterizzati da una descrizione "ai terminali", che prescinda cioè dalla struttura fisica del componente stesso. La descrizione di particolari circuiti e la deduzione dei relativi criteri di progetto costituiscono esempi di applicazione della teoria e non esauriscono le finalità del corso.

Programma

Generalità sui circuiti, sui segnali e sui componenti elettronici. Elementi bipolari, n-polari e n-pli bipoli. Descrizione dei principali dispositivi a semi-conduttore e loro impiego in elementari circuiti non lineari. Linearizzazione, circuiti equivalenti per piccoli segnali; definizione e proprietà di diverse matrici. Analisi di circuiti lineari: funzioni di trasferimento, stabilità, condizioni di non distorsione. Generalità sugli amplificato-

ri per piccoli segnali; stadi amplificatori con transistori. Circuiti equivalenti a due parametri del transistore a giunzioni ed applicazioni agli amplificatori ad uno e a più stadi. Amplificatori differenziali. Problemi di polarizzazione e di accoppiamento. Problemi di deriva. La retroazione nei circuiti elettronici. Amplificatori operazionali: proprietà ed applicazioni principali. Generalità sull'analisi dei circuiti non lineari. Analisi di circuiti non lineari in regime periodico: moltiplicatori armonici di frequenza, amplificatori per grandi segnali (bilancio di potenza, problemi di efficienza, classi di funzionamento), circuiti in controfase, oscillatori sinusoidali. Circuiti con bipoli a resistenza negativa: analisi della stabilità delle posizioni di equilibrio, circuiti bistabili, astabili, monostabili. Sintesi di bipoli a resistenza negativa. Multivibratori.

Testi consigliati:

E. DE CASTRO, *Appunti di Elettronica Generale ed Applicata,* Coop. Libr. Univers.
S.E.E.C. *7 volumi di Autori vari,* Ed. Wiley.
GRAY-SEARLE, *Principi di elettronica - Fisica, Modelli e circuiti,* Masson Italia ed.
GRAY-MEYER, *Analysis and Design of Analog Integrated Circuits,* Ed. Wiley.

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 del corso.

E' anche disponibile un ciclo di esercitazioni pratiche che ha luogo durante il IV anno di corso, congiuntamente alle esercitazioni di Comunicazioni elettriche I. La frequenza è facoltativa e gli studenti interessati sono tenuti ad iscriversi presso l'Istituto di Elettronica entro il 10 novembre.

L'*esame* è composto da una prova scritta (2 ore) con esclusione dall'orale, e da una prova orale.

5809
ELETTRONICA APPLICATA II
Docenti: **Giorgio Baccarani** prof. ord. (Elettronici A-K)
Bruno Riccò prof. straord. (inc.) (Elettronici L-Z)

Il Corso si propone lo studio dei circuiti elettronici digitali. Rappresenta la naturale prosecuzione di Elettronica applicata I e la base per tutti i corsi dove si studiano applicazioni dei circuiti digitali stessi.

Programma

1. *Proprietà elettriche dei componenti elettronici*

Breve introduzione sulle proprietà elettriche dei semiconduttori. Il diodo a giunzione: principi di funzionamento e caratteristica statica. Principi di funziona-

mento del transistore bipolare: le equazioni di Ebers-Moll. Caratteristiche di ingresso-uscita nelle diverse connessioni in forma grafica ed analitica. Il transistore come interruttore comandato. Il modello a controllo di carica. Il transistore MOS: principi di funzionamento e sua equazione caratterstica. Transistori ad accentuazione e svuotamento. Cenni sulla tecnologia planare del silicio: tecnologia bipolare e MOS.

2. *Circuiti non rigenerativi: le famiglie logiche*

L'invertitore RTL. Transitorio di commutazione dell'invertitore dallo stato di interdizione a quello di saturazione, e viceversa. Circuiti logici RTL accoppiati direttamente: famiglia logica DCTL. Famiglia logica DTL e sue varianti circuitali. Famiglia logica TTL e sue varianti circuitali. Circuito TRISTATE. Famiglia logica TTL Schottky. Famiglia logica ECL. Famiglia logica I^2L. Invertitore MOS con carico ad accentuazione saturo e non saturo. Transitori di commutazione dell'invertitore MOS. Invertitore MOS con carico a svuotamento. Funzioni logiche elementari in tecnologia MOS. Schiere logiche programmabili e circuiti d'interfaccia MOS-TTL. Circuiti MOS a simmetria complementare. Invertitore e funzioni logiche elementari CMOS. Analisi comparativa delle varie famiglie logiche in termini di velocità, consumo, immunità ai disturbi, fan-out e costo.

3. *Circuiti rigenerativi e memorie a semiconduttori*

Bipoli a resistenza negativa realizzati mediante ransistori in retroazione. Analisi delle possibili configurazioni atte a realizzare resistenze differenziali negative. I multivibratori: bistabile, monostabile, astabile. Flip-flop Set-Reset, Master-Slave, D e J-K. Organizzazione delle memorie a semiconduttori: memorie ad accesso sequenziale, ad accesso casuale (RAM) ed a sola lettura (ROM). Circuiti di decodifica a diodi e transistori. Circuiti di I/0. Cella di memoria RAM in tecnologia bipolare. Cella di memoria RAM in tecnologia MOS. Cella statica a 6 transistori e celle dinamiche a 3 e 1 transistore. Struttura e funzionamento del "sense amplifier" nelle memorie dinamiche MOS ad 1 transistore per cella.

Testi consigliati:

Dispense del corso scritte dal Prof. De Castro e dall'Ing. G. Corazza, Coop. Libraria Universitaria.

G. BACCARANI, *Dispositivi MOS*, Collana Scientifica Telettra, Pàtron.

TAUB, SCHILLING, *Digital Integrated Electronics*, McGrow-Hill.

Esame scritto e orale.

Propedeuticità consigliate: Per seguire con profitto il corso si ritiene indispensabile aver frequentato Elettronica applicata I.

4314
ELETTRONICA APPLICATA III
Docente: **Ercole De Castro** prof. ord.

Il Corso è concepito come una introduzione alla Fisica elettronica ed alle sue applicazioni alla teoria dei dispositivi. Esso può essere considerato a sè stante ed allora il suo significato è essenzialmente di base culturale; oppure, a scelta dello studente, può essere seguito dai corsi di "Microelettronica" e/o di "Elettronica Quantistica" ed in tal caso costituisce la parte propedeutica di un gruppo di materie con le quali viene sviluppato in modo ragionevolmente approfondito e completo quanto è essenziale per la formazione professionale di un ingegnere elettronico nel settore della microelettronica.

Programma

a) Lezioni

I) Elementi di Ottica elettronica. Oscillografi a raggi catodici e spettrografi di massa. Cenni su poliodi al alto vuoto.

II) Elementi di Meccanica Quantistica con alcune applicazioni elementari.

III) Elementi di teoria dei solidi: moto di un elettrone in un campo periodico e bande di energia; statistica di Fermi; pacchetti d'onde di Bloch; conduttori, isolanti e semiconduttori; elettroni e lacune nei semiconduttori; teorema della massa efficace; semiconduttori drogati; equazioni di continuità e del trasporto nei semiconduttori.

IV) Elementi di teoria dei dispositivi a semiconduttori: modello matematico della teoria; condizioni di equilibrio, linearizzazione delle equazioni dei dispositivi nell'intorno di una situazione di equilibrio; analisi della giunzione p-n; il diodo a giunzione p-n come raddrizzatore e come varactor; transistori FET; transistori a giunzione in regime stazionario ed in condizioni dinamiche (modello a controllo di carica); Condensatori e transistori MOS; brevissimi cenni su altri dispositivi (diodi e transistori a barriera Schottky, effetto Gunn, diodi a valanga).

b) Esercitazioni

Esercizi numerici e proiezione commentata di diapositive su: oscillografi a raggi catodici e relativi problemi di ottica elettronica, poliodi ad alto vuoto, tecnologia planare e principali dispositivi al silicio, circuiti integrati monolitici, circuiti a film, integrati ibridi.

Testi consigliati:

E. DE CASTRO, *Fisica elettronica ed elementi di teoria dei dispositivi,* UTET.

2037
ELETTRONICA INDUSTRIALE
Docente: **Fabio Filicori** prof. ass.

Il Corso intende fornire le conoscenze di base per la progettazione dei sistemi elettronici che trovano applicazione nelle macchine e negli impianti industriali. In particolare vengono esaminate le caratteristiche funzionali degli elementi costitutivi di tali sistemi, con riferimento sia alle unità di alimentazione, di trasduzione e di potenza, sia ai circuiti elettronici di controllo, ed in special modo a quelli basati sull'uso dei microprocessori.

Programma

– Alimentatori: raddrizzatori, filtri, regolatori, circuiti di limitazione della corrente. Criteri di progetto di un alimentatore stabilizzato.

– Dispositivi di potenza per applicazioni industriali: diodi controllati al silicio (S.C.R.), interruttori controllati (S.C.S. e TRIAC), transistori unigiunzione (U.J.T.), transistori unigiunzione programmabili (P.U.T.).

– Amplificatori statici di potenza: convertitori a.c. - d.c. e a.c. - a.c., choppers, inverters - Esempi di applicazione nel campo del controllo di motori elettrici e della regolazione di impianti di illuminazione e riscaldamento industriale.

– Trasduttori: principio di funzionamento, caratteristiche e modalità di impiego di trasduttori elettroottici, elettrochimici, elettromeccanici, termoelettrici.

– Unità di controllo programmabili: criteri per la scelta dei componenti e la definizione della configurazione hardware, organizzazione e sviluppo del software applicativo.

– Sintesi e classificazione delle principali aree applicative. Esempi.

Testi consigliati:

1) Appunti tratti dalle lezioni.
2) "SCR Manual", General Eletric Company, 1979.
3) S.B. DEWAN, A. STRAUGHEN: "Power Semiconductor Circuits", J. Wiley, 1975.
4) K.L. SHORT: "Microprocessors and Programmed Logic", Prentice Hall, 1981.

L'*esame* consiste in una prova scritta e in una prova orale a carattere integrativo.

Il corso prevede *esercitazioni*, sia in aula che in laboratorio, nelle quali vengono sviluppati ed approfonditi gli argomenti di teoria attraverso esempi ed applicazioni di pratico interesse.

Propedeuticità consigliate: si ritengono indispensabili le nozioni fondamentali dei corsi di Elettronica applicata I e Reti logiche.

2034
ELETTRONICA QUANTISTICA
Docente: **Massimo Rudan** prof. inc.

Il corso sviluppa la teoria e le principali applicazioni dei dispositivi optoelettronici. Il suo svolgimento è coordinato con quello del Corso di Elettronica Applicata III, che gli è propedeutico.

Programma

1 – Richiami e complementi di elettromagnetismo e di teoria delle comunicazioni. Equazione delle onde e di Helmholtz. Formule di Kirchhoff e di Huygens-Fresnel.
Formulazione del teorema di Poynting per un mezzo anisotropo.
Cristalli isotropi, monoassiali e biassiali; birifrangenza.
Richiami sulle proprietà della funzione di autocorrelazione e della densità spettrale di potenza di un segnale.

2 – Teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo. Hamiltoniano perturbato per un sistema a livelli semplici e discreti.
Soluzione al 1° ordine dell'equazione di Schroedinger e calcolo delle probabilità di transizione. Approssimazione semiclassica.
Applicazione all'atomo idrogenoide ed espressione delle probabilità di transizione. Assorbimento, emissione spontanea e stimolata. Calcolo dei coefficienti di Einstein.

3 – Funzionamento del laser. Inversione di popolazione nel caso di un sistema a tre e a quattro livelli.
Risonatori ottici e calcolo delle frequenze di risonanza. Calcolo della stabilità dei risonatori.
Equazioni di bilancio per il laser a tre e quattro livelli.
Funzionamento a regime e funzionamento dinamico in condizioni prossime a quelle di regime.
Tipi di laser: l. a cristalli ionici, l. a gas, l. a liquidi, l. chimici e l. a semiconduttore.
Applicazioni dei laser nel campo della fisica, della chimica, delle tecnologie meccaniche ed elettroniche, della medicina.
Olografia. Applicazioni dell'olografia e dei metodi di F-trasformazione spaziale delle immagini.

4 – Sensori ottici a stato solido.
Richiami su alcune proprietà dei semiconduttori.
Funzionamento dei sensori elementari: fotoresistore, fotodiodo, fotocondensatore, fotoresistore bipolare e MOS, dispositivi ad iniezione di carica.
Dispositivi a trasferimento di carica e impiego di questi nel campo dei sensori, delle memorie e dei filtri.
Organizzazione e prestazioni dei sensori complessi lineari e bidimensionali.

5 – Realizzazione e prestazioni dei "display" a LED e a cristalli liquidi.

6 – Applicazioni dei cristalli elettricamente anisotropi. Cristalli positivi e negativi. Prisma di Nicol.
Effetto elettroottico lineare e applicazioni nel campo della modulazione dei segnali ottici.

Testi consigliati:

M. BORN, and E. WOLF, *Principles of Optics*, 6th Ed., 1980.
E. DE CASTRO, *Fondamenti di comunicazioni elettriche*, Zanichelli, 1967.
E. DE CASTRO, *Fondamenti di elettronica - fisica elettronica ed elementi di teoria dei dispositivi*, UTET, 1975.
A.S. GROVE, *Physics and Technology of Semiconductor Devices*, Wiley, 1967.
C.H. SEQUIN, and M.F. TOMPSETT, *Charge Transfer Devices*, Academic Press, 1975.
O. SVELTO, *Principles of Lasers*, 2nd Ed., Plenum Press, 1982.
S.M. SZE, *Physics of Semiconductor Devices*, Wiley, 1981.
A. YARIV, *Quantum Electronics*, 2nd Ed., Wiley, 1975.
Fotocopie di articoli e di appunti.

Esame orale.

6795
ELETTROTECNICA I
Docenti: **Filippo Ciampolini** prof. ord. (Elettronici A-K)
Paolo R. Ghigi prof. ord. (Elettronici L-Z)

Il corso ha carattere essenzialmente formativo, anche se in esso si trattano numerose questioni di considerevole interesse tecnico.

Le finalità del corso sono essenzialmente due:
a) richiamare e approfondire le leggi fondamentali che governano i fenomeni ed i dispositivi elettrici e magnetici, ed allenare lo studente a riconoscere e utilizzare tali leggi fondamentali nelle diverse forme che esse possono assumere in relazione ai dispositivi, sistemi, o regimi elettrici che egli incontrerà in seguito;
b) sviluppare ampiamente lo studio dei circuiti elettrici, e, per analogia, dei circuiti magnetici e delle macchine elettriche, e delle questioni energetiche relative.

La materia del corso è suddivisa in tre grandi capitoli: Elettromagnetismo, Circuiti, Macchine Elettriche.

Elettromagnetismo: *Equazioni fondamentali* (forma locale ed integrale; equazioni di legame materiale, equazioni di potenziali elettromagnetici, condizioni di continuità sulla superficie tra due mezzi); *Elettrostatica* (definizioni ed equazioni fondamentali; regime elettrostatico dei conduttori; campo all'esterno dei conduttori, schermi elettrostatici, condensatori); *Elettromagnetismo stazionario* (definizioni ed equazioni fondamentali); *Elettrodinamica stazionaria* (legge di Ohm, principi di Kirchoff, soluzioni di reti elettriche elementari; aspetti energetici nei circuiti, effetto Joule).

Magnetismo stazionario (circuiti magnetici ad elevata permeabilità, circuiti magnetici in presenza di simmetrie, ricerca del campo magnetico nel caso generale, potenziale vettore, coefficiente di auto e mutua induzione, isteresi magnetica, magneti permanenti); *Elettromagnetismo non stazionario e quasi-stazionario* (ipotesi di quasi-stazionarietà, concentrabilità di parametri, generalizzazione delle leggi di Ohm e di Kirchoff, potenziali ritardi).

Circuiti Elettrici: (componenti, equazioni dei componenti ed equazioni di collegamento, diversi tipi di funzionamento di una rete: condizioni stazionarie, di regime periodico e non, condizioni transitorie; metodi di scrittura delle equazioni; metodi di soluzione delle equazioni, teoremi di Thevenin, Norton, Millman).

Fondamenti di macchine elettriche: principi di funzionamento ed equazioni dei più importanti tipi di macchine elettriche: trasformatore, macchina asincrona, sincrona e a corrente continua.

Testi consigliati:

F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica generale*, ed. Pitagora.

Il testo suddetto è integrato con una dispensa di appunti che estende il programma di circa un 20%, soprattutto per quanto riguarda lo studio dei circuiti elettrici.

Gli *esami* si svolgono, a scelta dello studente, o nella forma tradizionale orale ovvero in forma scritta con un esame orale integrativo (ridotto).

6807
ELETTROTECNICA II
Docente: **Filippo Ciampolini** prof. ord. (inc.)

Finalità del corso

Il corso si propone lo studio della "dinamica" delle macchine elettriche secondo una trattazione unitaria. Ciò non soltanto come naturale prosecuzione dell'analisi delle macchine elettriche, iniziata nel corso di "Elettrotecnica I" con lo studio dei principi di funzionamento, ma anche e soprattutto per fornire quelle conoscenze (modelli matematici, funzioni di trasferimento, schemi a blocchi delle diverse macchine) indispensabili per analizzare i sistemi di controllo che impiegano o si applicano a macchine elettriche. In questa ottica vengono illustrati numerosi esempi di macchine trattate come "componenti" di un sistema di controllo.

Programma

Rappresentazione delle macchine elettriche rotanti come circuiti accoppiati magneticamente ed in moto tra loro: modello matematico dinamico rappresentato da equazioni espresse in funzione di induttanze variabili nel tempo; studio basato

sulla sostituzione dei circuiti in moto con circuiti in quiete tra loro.

Macchina a corrente continua: modello matematico dinamico; funzioni di trasferimento e schemi a blocchi di macchine a corrente continua; funzionamento in regime permanente; regolazione della velocità dei motori a corrente continua; sistemi di controllo retroazionati che impiegano macchine a corrente continua.

Macchine rotanti a corrente alternata trifase: equazioni nelle grandezze di fase; trasformazione delle grandezze di fase in grandezze di asse diretto ed in quadratura; equazioni nelle grandezze d'asse e macchina bifase equivalente.

Macchina sincrona: modelli matematici dinamici e relative ipotesi semplificative; schemi a blocchi di un alternatore; regolazione automatica della tensione di un alternatore; funzionamento in regime permanente.

Macchina asincrona: modello matematico generale del 5° ordine e modelli ridotti; funzionamento in regime permanente.

Regolazione della velocità dei motori a corrente alternata mediante convertitori statici di frequenza.

Analisi della stabilità statica delle macchine elettriche rotanti: linearizzazione delle equazioni nell'intorno di un punto di equilibrio; ingresso-stato-uscita del "sistema" macchina e relativa equazione caratteristica.

Propedeuticità consigliate: Elettrotecnica I e Controlli automatici I.

Testi consigliati:

A.E. FITZGERALD, C. KINGSLEY Jr., A. KUSKO: Macchine Elettriche, Franco Angeli Editore, Milano.

J. HINDMARSH: Electrical Machines and their Applications, 3ª Ed., Pergamon Press, Oxford.

F. CIAMPOLINI: Fondamenti di elettrotecnica: macchine, UTET, Torino.

1369

FISICA I

Docenti: **Franco Verniani** prof. straord. (Elettronici A-K)
Gianni Vannini prof. ass. (Elettronici L-Z)

Il corso si propone di dare agli studenti quella preparazione di base che permetta loro di capire le metodologie e le finalità della fisica sperimentale attraverso un quadro dei concetti e dei principi della meccanica classica e della termodinamica.

Programma

1) *Elementi di calcolo vettoriale e di analisi vettoriale*

2) *Cinematica*

Generalità sul moto, sistema di riferimento. *Cinematica del punto materiale:* rappresentazione del moto. Concetto di velocità e di accelerazione: componenti car-

tesiane e componenti intrinseche. Problemi di cinematica del punto. Alcuni moti particolari: Moti piani; Moti centrali; Moto dei pianeti. *Cinematica dei sistemi rigidi:* Caratteristiche dei moti rigidi. Moti di translazione, moti di rotazione, moti di rototraslazione (caso generale). *Cinematica dei moti relativi:* terna mobile; relazione tra le velocità; derivate relative; relazione tra le accelerazioni; l'accelerazione complementare.

3) *Dinamica*

Il concetto di forza. Il primo principio della dinamica. Il secondo principio della dinamica, misura dinamica delle forze. Sistemi inerziali. Relatività galileiana. Moto dei proiettili nel vuoto. La meccanica classica come caso limite della Meccanica relativistica: variazione della massa con la velocità. Il problema fondamentale della dinamica. Dinamica del punto vincolato: il pendolo semplice. La legge di grativazione universale; verifiche sperimentali dirette e determinazione della costante grativazionale. Campo e potenziale gravitazionale. Il campo di gravità: la componente centrifuga, la variazione con l'altezza e con la latitudine. Il terzo principio della dinamica, illustrato da semplici esperienze. Le equazioni cardinali della dinamica. Centro di massa e sue proprietà. Dinamica dei sistemi rigidi: studio dei moti di rotazione attorno ad un asse fisso. Momenti d'inerzia. Teorema di Huyghens-Steiner. Pendolo di torsione. Pendolo composto e sue applicazioni; pendolo reversibile e misura di g. Concetti di lavoro e di potenza. Teorema delle forze vive. Teorema di König. Campi di forza. Forze conservative. Principio di conservazione dell'energia: applicazioni.

4) *Termodinamica*

Sistemi di equilibrio termico. Concetto di temperatura. Misura della temperatura. Temperatura del termometro a gas ideale. Equilibrio termodinamico. Equazione di stato. Sistemi PVT. Lavoro termodinamico. Trasformazioni quasi statiche. Lavoro di un sistema PVT. Diagrammi PV e PT per sostanze pure. Lavoro e calore. Lavoro adiabatico. Energia interna. Il primo principio della termodinamica. Forma generale del 1° principio. Capacità termica e calori specifici. Flusso del calore quasi statico, serbatoio di calore. Proprietà termiche dei gas: equazione di stato, sviluppi del viriale, energia interna di un gas. Gas ideali: loro proprietà. Il problema centrale della termodinamica. Macchine termiche e loro rendimento. Macchine frigorifere. Il secondo principio della termodinamica. Reversibilità e irreversibilità. Irreversibilità meccanica esterna ed interna; irreversibilità termica esterna e interna; irreversibilità chimica. Condizioni per la reversibilità. Il ciclo di Carnot. Teorema di Carnot e corollario. Temperatura Kelvin. Zero assoluto. Teorema di Clausius. Entropia. Entropia di un gas ideale. Diagrammi TS. Trasformazioni reversibili, trasformazioni irreversibili e variazione di entropia. Principio dell'aumento dell'entropia. Entropia ed energia non utilizzabile.

Testi consigliati:

P. VERONESI, E. FUSCHINI, *Fondamenti di Meccanica classica*, (Ed. Coop. Libraria Universitaria).

M.W. ZEMANSKY, *Calore e Termodinamica*, (Ed. Zanichelli).

M. ALONSO, E.J. FINN, *Elementi di Fisica per l'Università*, vol. I (ed. Addison-Welsey).

M. BRUNO, M. D'AGOSTINO e M.L. FIANDRI, *Esercizi di Fisica I*, Coop. Libraria Univ., Bologna, 1980.
S. FOCARDI, *Problemi di Fisica generale I*, Casa Editrice Ambrosiana, 1982.

Le *esercitazioni* costituiscono parte integrante del corso e attualmente non contengono alcuna prova pratica di Laboratorio.

Esame: orale.

1372
FISICA II
Docenti: **Cesare Moroni** prof. inc. stab. (Elettronici A-K)
Alessandro Gandolfi prof. ass. (Elettronici L-Z)

Finalità del corso:

Studio dei fenomeni di elettromagnetismo e di ottica. Teoria di Maxwell dei fenomeni elettromagnetici e ottici.

Programma

Il campo elettrostatico – Legge di Gauss e della circuitazione – Applicazioni – Il problema del potenziale – Applicazioni – 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 Ampere – La forza di Lorentz – Calcolo del campo magnetico in alcuni casi – L'induzione elettromagnetica – Il campo elettrico indotto – Campo indotto e forza di Lorentz – La legge di Ampere/Maxwell – Corrente di spostamento – Le equazioni di Maxwell – Le onde elettromagnetiche – I potenziali ritardati – Applicazioni – 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.

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.

6798
FISICA TECNICA
Docenti: **Giovanni S. Barozzi** prof. ass. (Elettronici A-K)
Valerio Tarabusi prof. ass. (Elettronici L-Z)

Finalità del corso

Il corso si propone di fornire le nozioni di base per l'analisi energetica dei sistemi, sia attraverso lo studio dei processi di conversione tra le diverse forme di energia (termica, meccanica, elettrica ...), sia fornendo gli elementi fondamentali sui meccanismi di scambio termico e sulla meccanica dei fluidi.

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 – Criteri di stabilità dell'equilibrio – Effetti termoelettrici: effetto Seebeck, Peltier, Thomson, Joule, Fourier – Relazioni esistenti tra i diversi effetti termoelettrici.

Sistemi semplici monocomponenti – Superficie 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. Miscele d'aria e vapor d'acqua (cenni).

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 isotermo – 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 isotermo – 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.

Testi consigliati:

A. COCCHI, *Termofisica per Ingegneri*, Editore Petroni, Bologna, 1975.
M.W. ZEMANSKY, *Calore e Termodinamica*, Zanichelli, Bologna, 1970.
R.B. BIRD, W.E. STEWART, E.N. LIGHTFOOT, *Fenomeni di trasporto*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 1970.
A. GIULIANINI, *Fondamenti di Fisica Tecnica*, Pàtron Editore, Bologna, 1974.
F. KREIT, *Principi di trasmissione del calore*, Liguori Editore, Napoli, 1974.

Lo svolgimento del corso è accompagnato da un elevato numero di *esercitazioni* aventi come oggetto applicazioni delle nozioni di base fornite dal corso stesso.

L'*esame* consiste in un colloquio su 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.

1377
GEOMETRIA

Docenti: **Massimo Ferri** prof. ord. (Elettronici A-K)
Luigi Pezzoli prof. inc. stab. (Elettronici L-Z)

Finalità del corso: lo scopo del corso 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

Cenni di logica matematica e di teoria degli insiemi – 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.

Testi consigliati:

I. CAVALIERI D'ORO - M. PEZZANA, *Corso di Geometria*, Vol. I e II (parte V e VI), (Ed. Petroni - Bologna).

5573
GESTIONE DELL'INFORMAZIONE
Docente: **Paolo Tiberio** prof. ord.

Programma

Introduzione ai concetti fondamentali sulla gestione degli archivi e sulle basi di dati. Rappresentazione dei dati nelle memorie, supporti fisici per la memorizzazione dei dati, considerazioni sui tempi di accesso.

Strutture sequenziali, algoritmi di sort/merge, ricerca dei records. Strutture sequenziali con indice, ricerca ed aggiornamento. Strutture ISAM, VSAM, B-tree. Gestione dell'overflow. Strutture casuali, algoritmi di casualizzazione e di gestione dell'overflow. Strutture a liste, strutture ad anello. Indici secondari. Gestione degli archivi nel COBOL.

Generalizzazione del software, sistemi di gestione di basi di dati (DBMS). Architettura generale di un DBMS. Modelli dei dati: modello gerarchico, modello reticolare, modello relazionale.

Terminologia IMS, strutture dell'IMS. Linguaggi di interrogazione basati sul modello gerarchico.

Definizione dei dati in CODASYL. Linguaggi di interrogazione basati sul modello reticolare.

Normalizzazione delle relazioni. Calcolo ed algebra relazionale. Linguaggi di interrogazione non procedurali: SQL e Query by Example. Architettura generale di un DBMS relazionale, ottimizzazione delle interrogazioni. Algoritmi e criteri per l'autorizzazione all'accesso ai dati. Sottosistema di gestione degli accessi concorrenti alla base di dati. Uso del DBMS in modo interattivo o all'interno di un linguaggio ospitante.

Evoluzione dei sistemi informativi, criteri generali di progetto. La metodologia DATAID per il progetto di una base di dati. Analisi dei requisiti dell'utente e raccolta dei dati. Modello concettuale dei dati, modello Entità-Relazione. Conversione nel modello logico della base di dati.

Testi consigliati:

G. BRACCHI, G. MARTELLA, G. PELAGATTI, *Tecniche di Organizzazione degli archivi*, ISEDI, 1982.

G. BRACCHI, G. MARTELLA, G. PELAGATTI, *Sistemi per la gestione di basi di dati*, ISEDI, 1980.
J. MARTIN, *Computer data-base organization*, Prentice Hall, 1977.
C.J. DATE, *An introduction to data base systems*, Addison Wesley, 1981.
Methodology and tools for data base design (S. CERI ed.). North Holland, 1983.

Esami scritti ed orali.

Propedeuticità consigliate: Calcolo Numerico e Programmazione, Linguaggi di programmazione.

504
IMPIANTI ELETTRICI
Docente: **Dino Zanobetti** prof. ord.

Il corso si propone di trattare una scelta di argomenti impiantistici di interesse dell'ingegnere elettronico per aumentarne la cultura elettrotecnica.

Programma

Generalità sui sistemi elettrici. Distribuzione dell'energia elettrica e questioni connesse (inclusa la messa a terra degli impianti e le questioni di sicurezza e la tarifficazione dell'elettricità). Trasporto dell'energia (incluso l'isolamento degli impianti, l'effetto corona e la sua influenza sulle telecomunicazioni ed il problema del regime del neutro). Cenni sull'apparecchiatura principale e le protezioni. Generazione dell'energia (Compresi i gruppi di continuità, le pile e gli accumulatori).

Testi consigliati:

Dispense dell'insegnante.

Esercitazioni ed esami.

Si tiene un corso di *esercitazioni* soprattutto numeriche e grafiche.

Esame orale.

Tesi di laurea: In genere su problemi impiantistici di interesse dell'ingegnere elettronico. (Disturbi, onde convogliate, regolazione e protezione, generatori di piccola potenza e simili).

4138
LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE
Docente: **Flavio Bonfatti** prof. ass.

Obiettivo del corso è fornire una metodologia per l'analisi e soprattutto per il progetto e lo sviluppo di sistemi di software. Esso si situa tra il corso di Calcolo Elettronico e Sistemi per l'Elaborazione dell'Informazione.

Programma

Il concetto di linguaggio di programmazione. Linguaggio Assembler e linguaggi di alto livello. Programma sorgente e programma oggetto. Richiami di architettura dei calcolatori: memoria, CPU, I/O, registri, etc.

I linguaggi di alto livello. La struttura dei programmi. La struttura a blocchi; statement, statement composto, statement ripetitivi, statement condizionali. Le prove per test e la verifica con metodo analitico. La programmazione strutturata. La questione del "go to". Programmazione di un problema complesso. Scomposizione e organizzazione di un programma. Ripartizione del lavoro tra più programmatori.

Il linguaggio Assembler. Passo 1, tavole dei simboli, contatore di istruzioni. Passo 2, produzione del codice oggetto. Collegamento tra i moduli e rilocazione, le MACRO.

Esempio di linguaggi di alto livello. Vantaggi della programmazione in linguaggio di alto livello. Evoluzione dei linguaggi. Uno pseudo-ALGOL. La gestione dinamica delle aree dati e delle variabili. Il passaggio dei parametri. Pure procedure e aree di attivazione.

Teoria dei linguaggi. Sintassi e semantica. Definizione formale di grammatica. Linguaggio generato da una grammatica. Alberi sintattici. Ambiguità. Schema generale di un compilatore. L'analisi lessicale. L'analisi sintattica: il metodo di Floyd; precedenza di operatori. La forma interna del programma sorgente. L'analisi semantica. La generazione del codice. Gli interpretatori e loro differenze con i compilatori. Interpretazione. Generazione del codice.

Testi consigliati:

1) Dispense informali redatte dal titolare.
2) D. GRIES, *Compiler contruction for digital computers.*
3) N. WIRTH, *Systematica programming: an introduction.*

Esami scritti e orali. Si richiede, nel corso di un esame orale, la soluzione almeno informale di un semplice problema di programmazione.

E' indispensabile aver frequentato Calcolo Elettronico e Reti logiche.

Vengono proposte *Tesi di laurea* che vertono principalmente su componenti sofware di sistema, quali compilatori, sistemi operativi, basi di dati etc. Molte volte lo svolgimento della tesi richiede la progettazione e la realizzazione di una parte di tali componenti.

2632
MECCANICA DELLE MACCHINE E MACCHINE
Docenti: **Angelo O. Andrisano** prof. ass. (Elettronici A-K)
Giuseppe Cantore prof. ass. (Elettronici L-Z)

Il corso si propone di fornire all'allievo elettronico i principi di funzionamento delle macchine sia da un punto di vista cinematico statico e dinamico che da quello termico e fluidodinamico. In particolare lo studio è rivolto alle macchine per la conversione di energia degli impianti termoelettrici (a vapore e a gas) e idroelettrici ed ai motori alternativi per la trazione automobilistica, nonché alle macchine operatrici in generale.

Infatti notevole è oggi l'applicazione di sistemi elettronici per la regolazione ed il controllo di questi tipi di macchine ed apparecchiature.

Programma

Nella prima parte del corso vengono esaminati, dopo opportuni richiami di termodinamica tecnica, i cicli motori degli impianti termoelettrici a vapore.

Vengono quindi studiate le singole macchine componenti l'impianto di potenza: generatori di vapore, turbine a vapore e condensatori.

Si esaminano poi i cicli termodinamici relativi agli impianti motori a gas con conseguente studio delle macchine che li costituiscono.

Con riferimento agli impianti idroelettrici si studiano le macchine idrauliche motrici di tipo Pelton, Francis e Kaplan e le pompe centrifughe.

Vengono poi trattati i cicli e le caratteristiche funzionali e costruttive dei motori a combustione interna per la trazione automobilistica.

Seguono cenni sugli impianti operatori frigoriferi e i relativi compressori alternativi.

Con riferimento alle macchine studiate sono affrontati i seguenti problemi di meccanica applicata:

- Composizione dei meccanismi. Forze agenti sulle macchine e forze di contatto fra i singoli organi in condizioni di attrito secco e lubrificato. Sistemi articolati, camme, ruote dentate e rotismi, cinghie di trasmissione. Moti vibratori sulle macchine. Dinamica delle macchine rotanti e alternative.

Chiudono il corso cenni e applicazioni sulla regolazione ed il controllo di alcuni tipi di macchine studiate.

Testi consigliati:

E. FUNAIOLI, *Meccanica applicata alle macchine*, Ed. Pàtron.
G. MINELLI, *Motori endotermici alternativi*, Ed. Pitagora.
G. MINELLI, *Macchine idrauliche*, Ed. Pitagora.
G. MINELLI, *Turbine a gas*, Ed. Pitagora.
G. MORANDI, *Macchine ed apparecchiature a vapore e frigorifere*, Ed. Pitagora.

Esercitazioni: Alcuni approfondimenti su argomenti del corso. Esempi ed applicazioni numeriche.

Propedeuticità consigliate: Fisica tecnica, Scienza delle Costruzioni.

Esami: L'esame è costituito da una prova orale.

1381
MECCANICA RAZIONALE
Docenti: **Pier Paolo Abbati Marescotti** prof. ord. (Elettronici A-K)
Claudio Tebaldi prof. inc. stab. (Elettronici L-Z)

Il corso 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. Il corso intende promuovere una più ampia conoscenza e padronanza dei modelli matematici per i sistemi in questione, addestrando insieme ad un loro uso consapevole ed efficace nella soluzione di problemi.

Programma

— *Metodi e concetti fondamentali della meccanica newtoniana.* (*Richiami e complementi*) — rappresentazione delle grandezze cinematiche e dinamiche — Leggi di Newton — Sistemi di vettori applicati: equivalenza, riduzione — Sistemi paralleli, centro; baricentri — Sistemi di forze: potenza, lavoro, potenziale —

— *Meccanica newtoniana dei sistemi* — Teoremi della quantità di moto, del momento della q.d.m. e dell'energia cinetica; integrali primi corrispondenti — Equazioni cardinali della statica — Sistemi vincolati: classificazione dei vincoli — Sistemi rigidi: cinematica rigida generale e paina; momenti d'inerzia, elissoide e matrice d'inerzia — Reazioni vincolari: vincoli di contatto puntuale fra corpi rigidi, leggi sperimentali dell'attrito radente e di giro; vincoli ideali, principio dei lavori virtuali — Moti relativi: composizione delle velocità e delle accelerazioni, equazioni del moto e dell'equilibrio rispetto ad un riferimento non inerziale — Forza d'inerzia, principio di D'Alembert, equazione simbolica della dinamica. —

— *Meccanica analitica* — Spazio delle configurazioni, variabili lagrangiane, equazioni di Lagrange del moto e dell'equilibrio dei sistemi olonomi — Potenziale generalizzato. Funzione di dissipazione — Integrali primi: coordinate cicliche, funzione di Routh, moti stazionari. Variabili canoniche, spazio delle fasi, equazioni di Hamilton.

— *Stabilità* — Stabilità dell'equilibrio: funzione e criterio di Liapunov — Sistemi conservativi: criterio di Lagrange-Dirichlet, criteri d'instabilità — Stabilità asintotica: criteri di Liapunov e di La Salle-Krasovski; dominio di attrazione — Effetti delle forze dissipative e giroscopiche — Stabilità del movimento: caso dei moti periodici e stazionari — Stabilità Orbitale — Linearizzazione: esponenti caratteristici, teorema di Liapunov, condizione di Routh-Hurwitz.

— *Oscillazioni* — A) *Sistemi con un grado di libertà.* Sistemi autonomi: piano di Poincaré, curve caratteristiche, separatrici, punti critici — Diagramma di biforcazione per i sistemi dipendenti da un parametro — Cicli limite, soluzioni periodiche dei sistemi non conservativi; metodi approssimativi per lo studio dei sistemi non lineari — Oscillazioni lineari libere e forzate, impedenza meccanica, riso-

nanza nei sistemi non lineari – Sistemi non autonomi: risonanza parametrica. B) *Sistemi con più gradi di libertà.* Piccole oscillazioni nei sistemi conservativi, frequenze caratteristiche, modi principali, battimenti; piccole oscillazioni intorno a moti stazionari – Oscillazioni lineari forzate; risonanza e antirisonanza.

Testi consigliati:

AGOSTINELLI-PIGNEDOLI, *Meccanica Razionale,* Zanichelli.
CERCIGNANI, *Spazio, tempo, movimento,* Zanichelli.
GRAFFI, *Lezioni di Meccanica Razionale*, Patron.
GALLAVOTTI, *Meccanica elementare*, Boringhieri.

L'*esame* è costituito da una prova scritta ed una orale.

Propedeuticità consigliate: Analisi matematica I e II, Geometria, Fisica I.

2004

METODI DI OSSERVAZIONE E MISURA

Docente: **Franco Malaguti** prof. ass.

Scopo del corso è fornire allo studente le nozioni fondamentali di teoria della probabilità e analisi statistica che si utilizzano in ogni processo di acquisizione di dati sperimentali.

Programma

Il concetto di probabilità

Fenomeni aleatori. Nozione empirica di probabilità in termini di stabilità della frequenza. Concetti di "spazio dei risultati" e di "evento". "Definizioni" frequentistica e classica di probabilità, loro limiti e proprietà comuni. Definizione assiomatica di probabilità e algebra degli eventi. Probabilità condizionate e teorema di Bayes. Dipendenza e indipendenza.

Variabili aleatorie

Nozione di variabile aleatoria (v.a.) 1) come "numero con una probabilità"; 2) come funzione misurabile sullo spazio dei risultati. Funzione di distribuzione. V.a. discrete e continue, funzione densità, normalizzazione. Esempi elementari di v.a., fra cui la normale. Funzione di v.a., standardizzazione. V.a. bidimensionali, probabilità miste, marginali, condizionate. V.a. indipendenti. Funzione di 2 v.a.; il caso della somma: teorema di convoluzione. Valor medio e sua linearità. Momenti centrali, varianza e suo significato: la disuguaglianza di Tschebytschev. Covarianza, correlazione e indipendenza. Leggi di additività delle varianze. Funzione caratteristica, formula di inversione, sviluppo in momenti, teorema di convoluzione. Distribuzione della somma di più v.a.; il caso delle gaussiane. Concetti di convergenza e teorema limite centrale.

Alcune v.a. di interesse applicativo

Errori di misura e gaussiana. Prove ripetute e binomiale. Teoremi asintotici di De Moivre-Laplace e di Poisson. Legge (debole) dei grandi numeri. Processi di Poisson. Decadimento radioattivo e v.a. esponenziale. Guasti casuali e v.a. "gamma". Variabili χ^2 e "t di Student".

Elementi di inferenza statistica

Probabilità e deduzione; statistica e induzione; intrinseca aleatorietà e incertezza della stima statistica. Stima della proporzione come esempio. Popolazione e campione; campionamento e tavole di numeri casuali. Media aritmetica, proporzione campionaria, varianza campionaria e loro distribuzioni. Proprietà dei buoni stimatori: correttezza, consistenza, efficienza. Tecniche generali per costruire stimatori: il metodo di massima verosimiglianza e il metodo dei momenti. Intervalli di confidenza, anche per piccoli campioni. Legge di "propagazione degli errori". Cenni alla prova di ipotesi: errori di I e II specie. Verifica dell'adattamento: il "test χ^2". Esempi riassuntivi.

Regressione

Costruzione empirica di leggi fisiche: la tecnica della regressione. Minimi quadrati, equazioni normali e loro soluzione esplicita nel caso lineare. Cenno al "χ^2 minimo". Intervalli di previsione, interpolazione ed estrapolazione.

Testi consigliati

a scelta:

Dispense fotocopiate

oppure:

B.W. LINDGREN, "Statistical Theory" (Collier McMillan, New York e Londra, 1976).

oppure:

A. PAPOULIS, "Probabilità, variabili aleatorie e processi stocastici" (Boringhieri, Torino, 1973) per la probabilità, e

T.H. WONNACOTT e R.J. WONNACOTT, "Introduzione alla statistica" (F. Angeli editore, Milano, 1982) per la statistica.

Propedeuticità consigliate: Fisica I, Analisi Matematica I e II.

5701

METODI DI OTTIMIZZAZIONE

Docente: **Paolo Toth** prof. ord.

Il corso si propone di illustrare le tecniche più efficienti per la risoluzione dei problemi di ottimizzazione. Particolare attenzione viene dedicata all'aspetto algoritmico, alla definizione delle strutture dati più idonee ed alle applicazioni.

Programma

Classificazione dei problemi di ottimizzazione.

Algoritmi primali e duali.

A. *Programmazione non lineare*
Condizioni di ottimalità per problemi senza vincoli. Metodi numerici: Metodo di Newton-Raphson modificato, Metodo del gradiente. Condizioni di ottimalità per problemi con vincoli. Moltiplicatori di Lagrange. Metodi numerici: Metodo della funzione di penalizzazione. Metodo della proiezione del gradiente.

B. *Ottimizzazione combinatoria.*
Complessità dei problemi di ottimizzazione combinatoria. Algoritmi di tipo esatto ed euristico. Procedure di riduzione.

B1. *Problemi polinomiali* — Algoritmi per la determinazione di arborescenze a costo minimo, flussi massimi e flussi a costo minimo.

B2. *Algoritmi esatti per problemi NP-completi* — Programmazione dinamica: riduzione del numero degli stati, risoluzione dei problemi del sacco e del circuito hamiltoniano a peso minimo. Metodi "Branch and Bound": determinazione dei "bound" (rilassamento surrogato, rilassamento lagrangiano, tecnica del subgradiente, rilassamento dello spazio degli stati), criteri di dominanza. Algoritmi per la risoluzione dei problemi del sacco singolo e multiplo, dell'assegnamento generalizzato, del circuito e del ciclo hamiltoniano a peso minimo.

B3. *Algoritmi euristici per problemi NP-completi* — Analisi delle prestazioni. Tecniche ad una o più fasi. Algoritmi per la risoluzione dei problemi del sacco e del ciclo hamiltoniano a peso minimo.

Durante il corso verranno inoltre presentate alcune applicazioni riguardanti problemi di taglio, problemi di turnistica, problemi di caricamento e percorso di veicoli, problemi di gestione di un sistema di trasporto di gas, problemi di localizzazione ottima di servizi.

Le esercitazioni saranno integrate con prove al calcolatore.

Propedeuticità consigliate: Calcolo numerico e programmazione, Ricerca Operativa.

Testi consigliati:

C.H. PAPADIMITRIOU, K. STEIGLITZ, *Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity*, Prendice-Hall, 1982.
Dispense a cura del docente.

L'*esame* consiste in una prova scritta e in una successiva prova orale a carattere integrativo.

Indirizzo delle *Tesi di Laurea*: algoritmi per la risoluzione di problemi di ottimizzazione combinatoria.

5702
MICROELETTRONICA
Docente: **Giovanni Soncini** prof. inc. stab.

Finalità

Il corso si propone di illustrare le moderne tecniche di fabbricazione, le modalità di funzionamento e le cause di degrado dei circuiti integrati quale premessa indispensabile per una loro corretta progettazione, scelta ed utilizzazione.

Programma

Proprietà chimico-fisiche e caratteristiche elettriche del silicio per uso elettronico.

Introduzione alla tecnologia planare: circuiti integrati bipolari analogici, di potenza, digitali (TTL e I^2L); circuiti integrati n-MOS e C-MOS; prospettive VLSI.

Processi tecnologici di fabbricazione: tecniche litografiche, epitassia, ossidazione, impianto ionico, metallizzazione.

Introduzione alla progettazione assistita da calcolatore (CAD) ed all'automazione delle linee di produzione (CAM) dei moderni circuiti integrati.

Affidabilità dei circuiti integrati e dei sistemi elettronici in generale. Prove accelerate e fisica dei meccanismi di guasto. Valutazioni statistiche e implicazioni economiche dell'affidabilità.

Esercitazioni

Esempi di calcolo di dispositivi elementari. Illustrazione di circuiti integrati bipolari e MOS particolarmente significativi. Applicazione della microscopia elettronica allo studio dei guasti.

Testi consigliati:

Appunti redatti a cura del docente.

Tesi

Prevalentemente di tipo sperimentale. Per studenti meritevoli che intendono svolgere tesi di maggiore impegno sono disponibili "premi di laurea" per un importo complessivo di tre milioni messi a disposizione da primarie industrie nazionali operanti nel settore della Microelettronica.

Propedeuticità

Si presuppone una conoscenza di base sulla fisica dei dispositivi a semiconduttore e sui circuiti elettronici analogici e digitali.

Università di Bologna
BIBLIOTECA CENTRALE
Facoltà di Ingegneria

2191
MICROONDE
Docente: **Garbiele Falciasecca** prof. ord.

Il corso si propone di fornire le metodologie per lo studio delle parti ad altissima frequenza dei sistemi di telecomunicazione e sulla base di queste individuare i criteri di progetto di singoli circuiti o anche dell'intero sistema, quando questo utilizzi portanti fisici per la propagazione.

Programma

Propagazione guidata – Fondamenti della teoria della propagazione nelle strutture cilindriche: metodo generale per la determinazione di un insieme completo di soluzioni. Propagazione nelle guide d'onda metalliche ideali. Effetti delle imperfezioni: attenuazione causata da dielettrico o conduttore non ideali; accoppiamento tra modi causato dalla geometria non ideale e sue conseguenze. I casi particolari delle guide d'onda rettangolari e circolari. Circuiti e linee equivalenti. Caratteristiche fondamentali della propagazione nelle guide dielettriche; la guida a lastra e la fibra ottica. Cenno sulle microstrip. Propagazione nei mezzi girotropici e giromagnetici; caso particolare del plasma e delle ferriti.

Circuiti e sottosistemi – Generalità sulle giunzioni a microonde. Teorema di reciprocità e teorema di Foster. Cavità risonanti ottenute utilizzando spezzoni di guida d'onda. Risonatori in guida dielettrica e a frequenza ottica. Utilizzazione circuitale delle cavità risonanti. Caratterizzazione delle giunzioni passive attraverso la matrice di diffusione. Descrizione e metodi di progetto delle giunzioni passive reciproche e non, di più comune uso, di due, tre e quattro porte. Cenno sul progetto dei filtri a costanti distribuite. Dispositivi a semiconduttore più adatti per le altissime frequenze. Convertitori, moltiplicatori e amplificatori parametrici. Progetto di oscillatori e amplificatori a basso rumore. Principi di funzionamento del MASER e del LASER. Principi di funzionamento degli amplificatori ad onda progressiva e degli oscillatori B.W.O.

Sistemi di telecomunicazione – Criteri di ottimizzazione dei sistemi ad onde millimetriche e a lunghezza d'onda ottica utilizzanti la propagazione guidata. Il sistema di telecomunicazione a grande distanza e grande capacità in guida d'onda circolare. Sistemi di telecomunicazione in fibra ottica per piccole, medie e grandi capacità e distanze.

Testo consigliato:

C.G. SOMEDA, *Onde elettromagnetiche guidate*, Pitagora Editrice, Bologna.
A completamento verranno forniti appunti informali.

L'*esame* consiste in una prova orale. Facoltativamente comprende la discussione di un progetto completato dal candidato a casa.

Le *esercitazioni* comprendono anche visite ai laboratori.

1386
MISURE ELETTRICHE
Docenti: **Mario Rinaldi** prof. ord. (Elettronici A-K)
Antonio Menchetti prof. ass. (Elettronici L-Z)

Il Corso 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. Segnali analogici e numerici. Conversione analogico-numerica e numerica-analogica. L'amplificazione dei segnali elettrici di misura (amplificatori operazionali e per strumentazione).

Misura per via elettrica di grandezze non elettriche.

Principi fisici della trasduzione; caratterizzazione dei trasduttori di posizione, velocità, accelerazione, forza, coppie e portata. Trasduttori di temperatura. Trasduttori fotoelettrici. Casi particolari del controllo di velocità e del controllo di posizione.

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. Strumenti numerici; strumenti a microprocessore. Sistemi modulari di misura. Telemisura e sistemi di acquisizione dati. Registratori XY e X-t. Oscilloscopio a raggi catodici. Registratori numerici. Oscilloscopio con registrazione ed elaborazione numerica.

Misure di impedenza.

Componenti di precisione e reti equivalenti. Metodi indiretti e per sostituzione. Metodi di risonanza, di zero, voltampermetrici. Strumenti automatici.

Misura di tempo e frequenza.

Campioni di tempo e frequenza. Misura della frequenza e degli intervalli di tempo con strumenti a contatore.

Misure sui circuiti a regime stazionario e in transitorio.

Determinazione del regime dei circuiti in corrente continua, in corrente alternata monofase e trifase, in alta frequenza. Misura della potenza e dell'energia. La risposta dei circuiti come funzione del tempo o della frequenza.

Le *esercitazioni* svolte in aula riguardano approfondimenti e completamenti degli argomenti trattati nelle lezioni.

Le esercitazioni svolte in laboratorio, di tipo dimostrativo, riguardano strumentazione, trasduttori, convertitori, sistemi di acquisizione dati.

Testi consigliati:

Vengono distribuite dispense.
Si consiglia inoltre la consultazione, per particolari argomenti, dei volumi seguenti:
- MODONI e DORE, *Misure Elettriche*, ed. Pàtron;
- BERTOLACCI, BUSSOLATI e MANFREDI, *Elettronica per misure industriali*, Tamburini editore;
- P. SCHIAFFINO, *Misure elettroniche*, ed. CLUP, Milano;
- *Il microprocessore nelle misure elettriche*, ed. CLUP, Milano.

Propedeuticità consigliate:

Si ritiene essenziale la conoscenza delle nozioni fornite nei corsi di "Elettrotecnica I", "Elettronica Applicata I", "Elettronica Applicata II", "Reti Logiche".

5803
PROGETTAZIONE AUTOMATICA DEI CIRCUITI ELETTRONICI

Sostituito a tutti gli effetti, per il corrente a.a., dall'insegnamento (2037) **ELETTRONICA INDUSTRIALE.**

887
RADIOTECNICA
Docente: **Gabriele Falciasecca** prof. ord. (inc.)

Il corso si propone l'obiettivo di fornire le basi necessarie alla comprensione e al progetto di massima dei sistemi di telecomunicazione facenti uso della propagazione libera di onde e.m. e dei radioaiuti per i mezzi mobili.

Programma

Parte I — Generalità sui sistemi radio — Caratterizzazione di un radiocollegamento in relazione alla qualità di trasmissione; cause di degradazione della qualità. Analisi e confronti tra sistemi di modulazione analogici e numerici. Apparati trasmittenti e riceventi; schemi di modulatori, demodulatori e convertitori di frequenza.

Parte II — Segnali e servizi dei collegamenti radio — Cenni sulle reti; segnali fondamentali, tecniche di multiplazione e accesso multiplo; segnale televisivo; servizi e-

spletati via radio; ottimizzazione dell'uso dello spettro radio.

Parte III — Antenne e propagazione — Generalità sulla tratta radio: richiami di ottica; propagazione ionosferica; segnali indesiderati captati dalle antenne; cenni sulle antenne.

Parte IV — Ponti radio analogici e numerici — Impianti troposferici per telefonia a grande e a media distanza; impianti troposferici per televisione; impianti via satellite artificiale.

Parte V — Radiodiffusione e collegamenti con mezzi mobili — Problematiche dei servizi a copertura d'area. Impianti per radiodiffusione e per collegamenti con mezzi mobili sulla superficie terrestre.

Parte VI — Radioaiuti — Il radar come sensore di un sistema di sorveglianza; equazione del radar, impianti radar impulsivi e ad onda continua.

Testi consigliati:

Corso di Radiotecnica, Lezioni di F. VALDONI a cura di M. MANDRIOLI, Pitagora Editrice, Bologna.

Sistemi di modulazione per trasmissioni numeriche, L. CALANDRINO, G. IMMOVILLI, Ed. Patron, Bologna.

L'esame consiste in una prova orale. Si consiglia di accedere al corso con adeguata preparazione nel campo dell'elettronica applicata, dell'elettromagnetismo, delle comunicazioni elettriche e, possibilmente, della teoria e tecnica dei circuiti a frequenza ordinaria e a microonda.

Le *Tesi di laurea* prevalentemente riguardano argomenti con aspetto applicativo.

5579

RETI LOGICHE

Docenti: **Roberto Laschi** prof. ord. (Elettronici A-K)
Eugenio Faldella prof. ass. (Elettronici L-Z)

Finalità del corso:

Introduzione allo studio dei sistemi digitali, cioè di quella categoria di apparati nei quali le grandezze fisiche impiegate come segnali sono vincolate ad assumere due soli valori. In particolare il corso si occupa dei modelli matematici che consentono di interconnetterli in sistemi più complessi soddisfacendo di volta in volta le specifiche derivanti dalla particolare relazione ingresso/uscita assegnata.

Programma

Introduzione ai sistemi digitali: campi di applicazione, principi di funzionamento, problematica di progetto. I codici binari e la rappresentazione delle gran-

dezze numeriche. I modelli delle reti che elaborano informazioni binarie.

Postulati e teoremi dell'algebra di commutazione. Circuiti di commutazione meccanici, elettromeccanici ed elettronici. I procedimenti di analisi e sintesi per reti combinatorie. 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. Tecniche di descrizione per sistemi complessi.

Principi di diagnostica e di tolleranza ai guasti: sequenze di prova, ridondanze statiche, ridondanze dinamiche.

Testi consigliati:

Dispense redatte dal docente.

HILL-PETERSON, *Introduction to switching theory and logical design,* John Wiley, 1974.

L'*esame* consiste in una prova scritta e in una successiva prova orale a carattere integrativo.

Le *esercitazioni* sono svolte in aula 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 del corso intensivo.

Propedeuticità consigliate: Elettronica applicata I, Teoria dei sistemi.

Indirizzo delle *Tesi di Laurea*: Tecniche di progettazione e campi di applicazione dei calcolatori elettronici.

884

RICERCA OPERATIVA

Docente: **Giorgio Carpaneto** prof. ass.

Obiettivo del corso è di presentare le metodologie per la soluzione dei problemi decisionali che si presentano in campo sociale ed industriale.

Programma

1 - Richiami sulle *strutture dati:* liste (ad uno o più puntatori, circolari), code (FIFO, LIFO, prioritarie, heap, ...), strutture ad albero;

2 - Generalità sulla *teoria dei giochi, delle decisioni* e sulla *programmazione matematica.*

2.1 -*Programmazione lineare* — Interpretazione geometrica, proprietà delle soluzioni, forma canonica, *algoritmo del simplesso*, ricerca della soluzione di base iniziale, degenerazione, molteplicità di soluzioni ottimali, dualità, l'algoritmo del *simplesso duale, programmazione lineare parametrica* (cenni). *Applicazioni:* il problema della dieta, dei mangimi, della raccolta di rifiuti solidi.

2.2 - Generalità sulla *programmazione lineare intera*: metodo dei *piani di taglio*. Modelli matematici in cui intervengono variabili booleane (vincoli in alternativa, problema della spesa fissa). *Unimodularità*; problemi la cui matrice dei vincoli è totalmente unimodulare. L'algoritmo dei moltiplicatori per la risoluzione del *problema dei trasporti*.

3 - *Teoria dei Grafi*.

3.1 - Definizioni relative ai *grafi orientati e non orientati*.

3.2 - Modelli matematici (min-sum e min-max) di problemi per i quali esistono *algoritmi polinomiali (alberi, assegnamento lineare, cammini minimi)*; algoritmi ed applicazioni.

3.3 - *Tecniche di enumerazione implicita e di rilassamento*: applicazioni a problemi per i quali non esistono algoritmi polinomiali; algoritmi per problemi di programmazione lineare intera.

3.4 - *Tecniche reticolari* CPM e PERT per la programmazione dei lavori di un progetto.

4 - *Simulazione di sistemi discreti*.

4.1 - *Complementi di statistica*: generazioni di variabili aleatorie, il metodo della trasformazione inversa, distribuzioni discrete, ...

4.2 - Generalità sulla simulazione di sistemi discreti e sui *linguaggi di simulazione* (gestione dinamica della memoria, degli eventi, definizione del modello e sua validazione, progettazione degli esperimenti, analisi dei risultati).

4.3 - Il SIMSCRIPT: Concetti ed istruzioni fondamentali. *Applicazioni*: simulazione di un semplice sistema di calcolo, di un reparto di manutenzione, di un sistema di traffico urbano, di una centrale telefonica, ...

5 - La *gestione delle scorte*: generalità, e *controllo delle giacenze*.

Testi consigliati:

BAZARAA M.S. e JARVIS J., *Linear Programming and Network flows*, J. Wiley, 1977.

CHRISTOFIDES N, *Graph Theory: an algorithmic approach*, J. Wiley, 1978.

DABONI L. e altri, *Ricerca Operativa*, Zanichelli, Bologna, 1975.

Appunti a cura del docente.

Esami: è prevista una prova scritta ed una orale.

Indirizzo delle *Tesi di Laurea:* problemi di ottimizzazione combinatoria.

6802

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Docenti: **Eugenio D'Anna** prof. inc. stab. (Elettronici A-K)
Erasmo Viola prof. ass. (inc.) (Elettronici L-Z)

Il corso si propone di fornire agli allievi le nozioni di base della meccanica dei solidi deformabili, insieme alle tecniche risolutive (manuali ed automatiche)

per i tipi strutturali più comuni.

Programma

1 – Richiami di cinematica e statica dei corpi rigidi.
2 – La statica delle travi.
3 – Nozioni di geometria delle masse.
4 – Elementi di meccanica dei solidi deformabili.
4.1 – La cinematica dei piccoli spostamenti: problema locale e generale.
4.2 – La statica delle tensioni. Il concetto di tensione. Problema locale: il tensore degli sforzi. Problema generale.
4.3 – Legami costitutivi nei solidi isotropi ad elasticità lineare: legge di Hooke. Equazioni dell'equilibrio elastico.
4.4 – Criteri energetici. Il principio dei lavori virtuali. Potenziale di elasticità e teoremi che ne derivano.
4.5 – Problemi di sicurezza. Criteri di rottura e di snervamento.
4.6 – Applicazione della meccanica dei solidi al problema di S. Venant.
5 – Lo studio delle travature.
6 – Nozioni sulla stabilità dell'equilibrio elastico.

Testi consigliati:

E. D'ANNA, *Appunti di Scienza delle Costruzioni,* Bologna, Coop. Libr. Univer.
M. CAPURSO, *Scienza delle costruzioni,* Bologna, Pitagora.
O. BELLUZZI, *Scienza delle costruzioni,* Vol. I°, Bologna, Zanichelli.

Gli *esami* constano attualmente di una sola prova orale.

Indirizzo delle *Tesi di Laurea:* Essenzialmente problemi connessi con il calcolo automatico delle strutture.

3980
SISTEMI PER L'ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE
Docente: **Giovanni Neri** prof. ass.

Evoluzione tecnologica dei calcolatori – Moderne metodologie di progetto – Correlazione con le tecnologie VLSI.

Architettura di una CPU – Registri – Temporizzazione – Segnali di comunicazione con il mondo esterno – Linguaggio macchina – Linguaggio assemblativo – Tecniche di indirizzamento.

Interfacciamento – Metodologie di decodifica – Impiego dei dispositivi PAL – Memorie: RAM/ROM – Memorie dinamiche – Controllori periferici intelligenti: timer, UART, orologio, etc. – Impiego a controllo di programma.

Concetto di interruzione e relative applicazioni – Controllori di interruzione – Concetto di DMA e relativo controllore – Analisi di un sistema a microprocessore comprendente tutti i dispositivi analizzati.

Microprocessori avanzati – Concetto di intelligenza distribuita – Coprocessori – Microprocessori ad alta integrazione – Protezione di memoria e cenni sulla memoria virtuale – Metodi di realizzazione integrata.

Concetto di bus standard – Implicazioni meccaniche ed elettriche – Sistemi multiprocessore – Arbitraggio e relative metodologie di realizzazione – Dispositivi integrati per l'arbitraggio – Analisi di alcuni bus: MULTIBUS, VME, FASTBUS, M3.

Concetto di rete locale di calcolatori – Sistemi CSMA/CD e Token-passing – Dispositivi integrati per il controllo – La strutturazione ISO/OSI.

Considerazioni economiche inerenti ai progetti di sistemi a microprocessore.

2038
STATISTICA APPLICATA
Docente: **Alberto Tonielli** prof. inc.

Il corso ha come prerequisito principale i contenuti del corso di "Metodi di osservazione e misura".

Basandosi su di essi e facendo ricorso inoltre alle metodologie ed alle tecniche della Teoria delle code, della Teoria delle decisioni e della verifica delle ipotesi, si propone di fornire i fondamenti per l'analisi tecnico-economica del progetto di apparati e di sistemi tipici di alcuni settori di interesse del corso di laurea in Elettronica.

In particolare, dopo opportuni richiami teorici, il programma del corso presenta in dettaglio l'impostazione e la soluzione, mediante modelli stocastici, di problemi di analisi e dimensionamento di sistemi tipici delle seguenti aree applicative:

- controllo di qualità della produzione ed analisi di mercato.
- analisi statistica e verifica di ipotesi nel settore biologico,
- dimensionamento di strutture sanitarie,
- valutazione delle prestazioni di sistemi di calcolo e trasmissione dati,
- affidabilità e disponibilità di sistemi costituiti da dispositivi interconnessi.

Testi consigliati

Dispense a cura del Docente.

L'*esame* consiste in una prova orale.

4152
STRUMENTAZIONE BIOMEDICA
Docente: **Enzo Belardinelli** prof. ord. (inc.)

Il corso si propone, nella I parte, di fornire quelle conoscenze metodologiche e tecniche essenziali per il progetto e l'impiego degli apparati di misura e di

elaborazione di grandezze biologiche. Nella II parte del corso sono illustrati i principi di funzionamento e le applicazioni di alcuni organi artificiali.

Programma

Parte I: Sistemi di misura

Considerazioni generali sul sistema di misura e sua caratteristica statica e dinamica. Trasduttori resistivi di temperatura, velocità e pressione; cenni di termografia. Trasduttori piezoelettrici: flussimetri ad ultrasuoni e cenni di ecografia.Trasduttori fotoelettrici: fotometri, ossimetri e platismografi. Trasduttori elettrochimici. Elettrodi superficiali e microelettrodi. Preamplificatori. Registratori a carta e registratori magnetici.

Parte II: Organi artificiali

Il rene artificiale: cenni di fisiologia renale, l'unità di dialisi, problemi di controllo del trattamento. Protesi per arto superiore: protesi passive, protesi attive. Protesi mioelettrica.

Testi consigliati

G. AVANZOLINI, *Strumentazione biomedica*, Patron Editore Bologna 1975.

R.S.C. COBBOLD, *Trasducers for biomedical measurement: principles and applications*, Wiley and Sons NY 1974.

Esercitazioni parallele allo svolgimento del corso.

Propedeuticità consigliate: Tutti i corsi del 3° e 4° anno.

2044

STRUMENTAZIONE ELETTRONICA

Docente: **Carlo Morandi** prof. ass.

Programma

1) *Brevi richiami e complementi del corso di Misure Elettriche:*

a) sensibilità e precisione di uno strumento, errori, linearità, stabilità a breve e lungo termine;

b) disturbi, metodi per ridurne l'effetto, normativa;

c) alcuni circuiti elettronici integrati di uso frequente nella strumentazione:

Amplificatori operazionali, A. per strumentazione, A. a trasconduttanza, multiplexers, sample and hold, convertitori D/A a rete di resistenze o di condensatori, convertitori A/D per approssimazioni successive, in parallelo, elementi non lineari (convertitori logaritmici, moltiplicatori analogici), etc.

2) *Il rumore di fondo: sua caratterizzazione e misura:*

rumore Johnson, shot, flicker e burst; densità spettrale di potenza nei diversi casi; sorgenti campione di rumore e loro taratura; cifra di rumore di un apparato e sua misura.

3) *Tecniche per migliorare il rapporto segnale/rumore negli strumenti di misura:*
filtraggio, mo-demodulazione, amplificatori lock-in, campionamento ed averaging.

4) *Sensori e trasduttori a semiconduttori:*
termoelettrici, fotoelettrici, chimici, piezoelettrici. Principi di funzionamento e realizzazione in forma integrata.

5) *Strumentazione di particolare interesse:*
a. analizzatori di spettro;
b. analizzatori multicanale;
c. strumenti per la misura di precisione di piccoli intervalli di tempo e di piccole differenze di fase.
Alcuni esempi di sistemi compositi (strumentazione per il collaudo dei ponti radio a modulazione di frequenza, per il riconoscimento di eventi nucleari, etc. – Parte monografica eventualmente diversa di anno in anno).

6) *Strumentazione computerizzata e reti di strumenti:*
l'impiego dei micro e dei minicalcolatori nei sistemi di misura, reti di strumenti interconnessi, problemi di gestione e di trasmissione dei dati. Norme.
Alcuni esempi di strumentazione computerizzata: apparecchiature per il collaudo dei circuiti integrati.

5574

TECNOLOGIE DEI SISTEMI DI CONTROLLO
Docente: **Giovanni Marro** prof. ord. (inc.)

Finalità del corso

Illustrazione delle applicazioni dei più importanti componenti elettromeccanici ed elettronici (compresi i circuiti integrati lineari e logici) a problemi di strumentazione, filtraggio, elaborazione e smistamento dati (escluso il calcolo) e controllo.

Programma

1. Strumentazione dei sistemi di controllo: descrizione e illustrazione delle modalità di impiego dei principali componenti la strumentazione elettronica, pneumatica e meccanica dei sistemi di controllo.

2. Impiego dei circuiti integrati lineari nella strumentazione e nel controllo: caratteristiche ed esempi tipici di impiego di amplificatori operazionali, amplificatori per strumentazione, buffers, circuiti di campionamento e tenuta; progetto e realizzazione di filtri e reti correttrici.

3. Convertitori D/A e A/D: descrizione dei principali tipi di convertitori ed illustrazione delle loro modalità di impiego; codificatori numerici diretti, resolver, inductosyn e codificatori incrementali.

4. Elaborazione numerica e trasmissione dei dati su linee: Interfaccia fra calcolatori e strumentazione; realizzazione di filtri e reti correttrici numeriche.

5. Controllo numerico delle macchine utensili: inquadramento della problematica e cenno alle principali soluzioni tecnologiche.

Propedeuticità consigliate

Elettrotecnica I, Elettronica applicata I, Controlli automatici, Reti logiche.

Testi consigliati:

Verranno fornite dispense da fotocopiare

4115

TEORIA DEI SISTEMI

Docenti: **Roberto Guidorzi** prof. ord. (Elettronici A-K)
Sergio Beghelli prof. inc. stab. (Elettronici L-Z)

Il corso presenta e discute gli aspetti matematici e i principali algoritmi di analisi relativi allo studio dei sistemi dinamici fornendo una base per i corsi successivi sui controlli automatici e sui calcolatori.

Programma

Nozioni generali sui sistemi

Definizione di sistema, classificazione dei sistemi. I sistemi dinamici come enti matematici. Controllabilità-raggiungibilità ed osservabilità-ricostruibilità dei sistemi dinamici. Esempi.

I sistemi a stati finiti

Modelli dei sistemi a stati finiti. Richiami su partizioni, reticoli ed algebre di Boole. Rappresentazioni con tabelle e grafi di transizione. Controllabilitaà-raggiungibilità. Stati equivalenti, sistemi equivalenti e riduzione alla forma minima. Osservazione dello stato e diagnosi. Ricostruzione dello stato finale ed incasellamento. Sistemi a memoria finita.

I sistemi a stato vettore

Spazi vettoriali, sottospazi e basi. Spazi normati. Modelli di sistemi dinamici a dimensioni finite. Stabilità dei sistemi dinamici. Il metodo diretto di Liapunov.

Introduzione ai sistemi lineari

Trasformazioni lineari, matrici e proiezioni. Principali proprietà delle matrici. Autovalori, autovettori, forme canoniche, forme quadratiche e norme di matrice.

I sistemi lineari

Definizione di sistema lineare. Matrice di transizione. Controllabilità-raggiungibilità, osservabilità-ricostruibilità e stabilità dei sistemi lineari. I sistemi lineari stazionari. Polinomio minimo, funzioni di matrice. Operazioni sui sottospazi, sottospazi invarianti. Sistemi lineari stazionari continui: calcolo dell'esponenziale di matrice. Sistemi lineari stazionari discreti: calcolo della potenza di matrice. Modi dei sistemi. Controllabilità-raggiungibilità, osservabilità-ricostruibilità e stabilità dei sistemilineari stazionari. Scomposizione canonica di Kalman. Applicazioni della forma di Jordan. Rappresentazioni di ingresso-uscita. Relazioni fra le rappresentazioni nello spazio degli stati. Stabilizzabilità ed assegnamento dei poli per un sistema dinamico lineare e stazionario. Il regolatore di Kalman. Osservatori dinamici dello stato.

Le *esercitazioni* sono parte integrante del corso e comprendono la descrizione di una biblioteca modulare di programmi per la risoluzione di problemi di analisi e sintesi dei sistemi dinamici.

Testi consigliati

G. MARRO, *Fondamenti di Teoria dei Sistemi,* Pàtron Editore, Bologna, 1979.

S. BEGHELLI e R. GUIDORZI, *Teoria dei Sistemi: Esercizi e Programmi FORTRAN,* Pàtron Editore, Bologna, 1978.

J.L. CASTI, *Dynamical System and their Applications: Linear Theory,* Academic Press, New York, 1977.

R. KALMAN, P. FALB e M. ARBIB, *Topics in Mathematical System Theory,* Mc Graw-Hill, New York, 1969.

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, diretto e mediante l'uso di sottoprogrammi, di esercizi.

Propedeuticità consigliate: Calcolo numerico e programmazione, Complementi di matematiche.

Le *Tesi di Laurea* sono prevalentemente orientate verso lo sviluppo di algoritmi per l'analisi e la sintesi dei sistemi dinamici lineari e non lineari e l'applicazione di detti algoritmi nell'identificazione ed il controllo di processi reali industriali ed ecologici.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA NUCLEARE 2007

Programmi delle materie di insegnamento.

Per le seguenti materie:

1350 Analisi matematica I
1354 Analisi matematica II
1360 Chimica
1364 Disegno
1368 Fisica I
1373 Fisica II
1376 Geometria
1380 Meccanica razionale
196 Controlli automatici
205 Costruzioni elettromeccaniche
6797 Fisica tecnica

v. Corso di Laurea in Ingegneria Elettrotecnica

Per i programmi di:

6799 Idraulica
6801 Scienza delle costruzioni

v. Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

6464
CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE

Sostituito a tutti gli effetti dall'insegnamento (5711) *Programmazione dei calcolatori elettronici.*

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Elettrotecnica)

2046
CHIMICA FISICA DEI MATERIALI NUCLEARI

Docente: **Dario Nobili** prof. inc. stab.

Il corso si propone di pervenire a trattare quantitativamente l'equilibrio nei sistemi mono e polifasici in funzione delle variabili T, P, C, nonchè la velocità dei processi che conducono all'equilibrio medesimo. Esso fornisce le basi di Termodinamica e Cinetica dei processi, che consentono di trattare problemi di stabi-

lità e compatibilità dei materiali e l'evoluzione delle loro proprietà in esercizio nel reattore.

Programma

Applicazioni del I principio della Termodinamica: Entalpia Standard di formazione. Effetti termici connessi a reazioni chimiche, formazione di soluzioni e trasformazioni di fase.

Esempi di calcolo ed impiego delle Tavole.

Interpretazione statistica dell'entropia. Applicazione al calcolo dell'entropia di miscela e dell'entropia configurazionale di cristalli.

Alcuni confronti tra Termodinamica classica e statistica.

III Principio della Termodinamica. Derivazione classica e statistica. Entropia Standard di formazione. Determinazione della variazione di entropia in reazioni chimiche.

Equilibri nei sistemi ad un solo componente: equazione di Clapeyron. Tensione di vapore di stati condensati e dipendenza dalla temperatura e dalla pressione di un gas inerte.

Energia libera Standard di un processo e costante di equilibrio.

Fugacità ed attività. Equilibri di ossidazione: diagramma di Ellingham. Applicazione a vari problemi metallurgici e di compatibilità.

Temperatura di dissociazione di ossidi. Riduzione in corrente di gas.

Quantità parziali molari. Soluzioni ideali, soluzioni non ideali diluite. Teorema di Gibbs e equilibrio nei sistemi polifasici. Solubilità. Dipendenza della solubilità da effetti di superficie, equazione di Thomson-Freundlich.

Struttura cristallina e difetti reticolari. Difetti in equilibrio termodinamico: vacanze ed interstiziali, difetti di punto complessi. Difetti di superficie e dislocazioni. Proprietà fisiche che dipendono notevolmente dai difetti reticolari. Cenni di teoria della velocità dei processi. Effetti cinetici connessi alla presenza di difetti reticolari: cinetica di trasformazione di fase. Nucleazione e crescita. Cinetica di diffusione. Influenza della densità di difetti e della stabilità chimica sulle proprietà meccaniche di materiali polifasici. Rinvenimento dei difetti indotti dalla tempra, dalla deformazione plastica e dall'irraggiamento.

Diffusione: Leggi di Fick. Diffusione da sorgente finita ed infinita. Fattori che influenzano il coefficiente di diffusione. Meccanismi elementari di diffusione. Diffusione nelle regioni di disordine strutturale.

Testi consigliati

R.A. SWALIN, *Thermodynamics of Solids*, J. Wiley & Sons 1967.

A.H. COTTRELL, *Le moderne teorie della Scienza dei Metalli*, R. Patron, Traduzione italiana di "Theoretical Structural Metallurgy" E. Arnold.

Dispense del corso.

Esercitazioni pratiche su argomenti di strutturistica e analisi dei difetti reticolari.

Esami orali su due argomenti a scelta del candidato.

Tesi di laurea: Tecniche di analisi chimica mediante attivazione neutronica o back scattering di protoni. Studio di difetti reticolari. Problemi connessi alla solubilità. Cinetiche di trasformazione di fase nei solidi, dei processi di ripristino della struttura cristallina (annealing) e di diffusione nei solidi cristallini.

6466
CICLO DEL COMBUSTIBILE NUCLEARE
Docente: **Gianfranco Cicognani** prof. inc. stab.

Il corso si propone di fornire le basi necessarie alla comprensione degli aspetti fondamentali del ciclo del combustibile dei reattori nucleari, con particolare riferimento ai processi subiti dal combustibile nel ciclo "esterno" al reattore.
Programma

– Il ciclo del combustibile nei reattori di potenza. Trattazione matematica generalizzata del bilancio del materiale combustibile nel caso di un reattore singolo e di una filiera di reattori. Influenza delle principali caratteristiche del nocciolo (potenza specifica, tasso di combustione, periodo di funzionamento continuo, tipo di reticolo, ecc.) e degli impianti ausiliari (tempi di fabbricazione e ritrattamento, trasporti) sul ciclo del combustibile dei reattori termici e veloci. Calcolo del costo del ciclo. Criteri di ottimizzazione del ciclo del combustibile in tipici reattori termici e veloci. Ciclo del combustibile in un reattore ad acqua leggera con o senza riutilizzo del plutonio prodotto: scelta dell'incamiciatura ottimale per la barretta (Zircaloy o acciaio inox). Il ciclo del combustibile in un reattore veloce: il bilancio del plutonio. Relazione tra "breeding" e produzione del plutonio.

– L'arricchimento isotopico dell'uranio: processi industriali. Arricchimento per diffusione gassosa: teoria generale del processo. Potere separante di un diffusore. La cascata ideale: calcolo del numero degli stadi e della portata interna. Il concetto di "funzione valore" e di "lavoro separativo". Studi di ottimizzazione sul processo a diffusione. Cenni sulle cascate quadrate. Arricchimento per centrifugazione: principi generali e confronto tecnico-economico col processo per diffusione.

– Processi di fabbricazione del combustibile nucleare. Combustibili a base di UO_2 e di (Pu, U)O_2. Produzione delle polveri e delle pastiglie. Termodinamica dei processi di fabbricazione degli ossidi misti. Legami tra progetto dell'elemento e specifiche col processo di fabbricazione. Fabbricazione delle barrette e processi di assemblaggio. Caratteristiche di una linea di fabbricazione di elementi a base di (U, Pu)O_2. Fabbricazione di elementi HTR.

– Il ritrattamento del combustibile irraggiato: criteri di scelta dei processi. Processi per via umida: cenni sulla teoria dell'estrazione liquido-liquido. Estrazione con solventi organici degli elementi attinidi: termodinamica dei processi di estrazione. Processi Purex, Redox e Thorex: dimensionamento di massima degli impianti. Ritrattamento per via secca: processi pirometallurgici e processi per volatilizzazione. Teoria termodinamica dei processi pirometallurgici applicati ad un combustibile ceramico. Considerazioni tecnico-economiche sui vari tipi di processi.

– Eliminazione dei rifiuti radioattivi. Natura, origine ed entità dei rifiuti e loro classificazione. Gestione e condizionamento dei rifiuti radioattivi a bassa, media ed alta attività. "Bruciamento" dei rifiuti radioattivi in reattori termici e veloci. Smantellamento degli impianti nucleari. Cenni sull'analisi "rischi-benefici". Considerazioni sul trasporto dei materiali radioattivi, con particolare riferimento ai combustibili irraggiati ed ai rifiuti ad alta attività.

Testi consigliati:

L. BRUZZI, G. CICOGNANI, G. DOMINICI, *Il ciclo del combustibile nei reattori nucleari,* Edizioni C.N.E.N. Serie trattati, Roma (Viale Regina Margherita 125).

Propedeuticità consigliate:

Chimica fisica dei materiali nucleari; Chimica nucleare (che sviluppa compiutamente alcune premesse indispensabili).

Tesi di Laurea sperimentali e di progettazione (8-12 mesi) presso il Dipartimento Reattori Veloci del CNEN. Argomenti essenzialmente centrati sul combustibile e, più in generale, sul nocciolo dei reattori veloci.

6467

CINETICA E CONTROLLO DEL REATTORE NUCLEARE

Docente: **Tullio Trombetti** prof. ord.

Il corso ha lo scopo di fornire gli elementi fondamentali relativi alla dinamica neutronica e agli altri aspetti del comportamento dinamico del reattore nucleare, ai meccanismi di interazione fra i principali fattori che intervengono nella determinazione di tale comportamento (cinetica neutronica, controreazioni di reattività dovute ai più importanti effetti fisici, sistema di controllo...), allo studio delle escursioni di potenza che sta alla base dei problemi di sicurezza trattati in altri corsi (es. Misura delle radiazioni e protezione).

Programma

Reazione di fissione a catena controllata e parametri cinetici. Vita media e coefficiente di moltiplicazione effettivo. Derivazione integrale delle equazioni della ci-

netica neutronica secondo il modello puntiforme. Proprietà e metodi di risoluzione.

Metodi statici e dinamici per la determinazione sperimentale di reattività. Calibrazione di barre di controllo presso il Laboratorio di Ingegneria Nucleare. Problemi di cinetica a reattività variabile.

Leggi di controreazione di reattività. Escursioni di potenza con inserimenti di reattività a gradino e a rampa. Escursioni di Bethe-Tait in reattori veloci.

Funzioni di trasduzione dei reattori nucleari. Analisi di stabilità lineare: effetto dei neutroni ritardati.

Sistemi di controllo per reattori nucleari. Controllo del reattore nucleare durante l'avviamento e a bassa potenza. Controllo e funzionamento a piena potenza. Il problema dello Xeno.

Cinetica spazio-energetica. Teoria delle perturbazioni e calcolo delle perturbazioni di reattività. Riderivazione della cinetica puntiforme col metodo adiabatico.

Teoria e calcolo delle barre di controllo.

Testi consigliati:

T. TROMBETTI, *Introduzione alla cinetica neutronica*, CLUEB.
T. TROMBETTI, *Elementi di controllo del reattore nucleare*, CNEN.
D.L. HETRICK, *Dynamics of nuclear reactors*, University Press, Chicago.
M.A. SCHULTZ, *Control of nuclear reactors and power plants*, McGraw Hill, N.Y.

Le *esercitazioni* in aula riguardano principalmente calcoli di efficienza di barre di controllo e di transitori di potenza in un reattore nucleare. Le esercitazioni sperimentali riguardano la calibrazione di barre di controllo e le procedure di avviamento e salita a potenza.

Gli *esami* consistono in una prova orale e nella discussione degli elaborati delle esercitazioni svolte nel corso dell'anno.

6471
CODICI DI CALCOLO PER REATTORI NUCLEARI
Docente: **Arnaldo Chiarini** prof. inc. stab.

Il corso si propone di fornire allo studente una preparazione di base relativa alla programmazione di elaboratori elettronici ed ai problemi numerici connessi al calcolo scientifico nelle discipline dell'Ingegneria Nucleare.

Programma

Struttura degli Elaboratori: elettronici, unità centrale, memorie di lavoro e di massa, unità periferiche. Sistemi operativi: loro funzione e loro componenti. Generalità sui linguaggi di programmazione: compilatori loaders. Biblioteche di pro-

grammi. Studio dettagliato del linguaggio Fortran con esercitazioni. Analisi numerica con esempi di applicazione all'Ingegneria Nucleare. Errori. Valutazione numerica di radici di equazioni. Valutazione numerica di integrali definiti. Algebra lineare: soluzione numerica di sistemi di equazioni lineari, inversione di matrici, calcolo di autovalori di matrici. Soluzione numerica di equazioni e sistemi di equazioni differenziali alle derivate ordinarie a valori iniziali. Soluzione numerica di equazioni differenziali alle derivate parziali di tipo iperbolico, parabolico, ellittico. Metodo di Montecarlo. Codici nucleari.

Testi consigliati

P. RIDOLFI, *Il Fortran — Teoria ed Esercizi*, Franco Angeli Editore, Milano.

Esami orali. Oltre allo svolgimento della normale prova orale sulla materia svolta, verrà valutato anche un programma di calcolo completo che lo studente abbia eventualmente elaborato o contribuito ad elaborare nell'ambito di un lavoro di gruppo. Tale programma sarà relativo ad un tema concordato con l'insegnante del corso.

Tesi di laurea: Metodologia di programmazione e metodi numerici nel calcolo scientifico con particolare riguardo all'Ingegneria Nucleare.

2826
COMBUSTIBILI NUCLEARI
Docente: **Luigi Bruzzi** prof. inc. stab.

Il corso si propone di dare gli elementi e la metodologia di approccio per lo studio del comportamento del combustibile durante l'irraggiamento, evidenziando i legami che tale comportamento ha con la scelta dei materiali, col progetto e le specifiche di fabbricazione dell'elemento di combustibile e con le rimanenti fasi del ciclo del combustibile.

Programma

Il ciclo del combustibile nelle centrali termiche convenzionali ed in quelle nucleari. Processi di conversione e fertilizzazione. Il ciclo del combustibile in pila e fuori pila.

Criteri di scelta e principali caratteristiche dei materiali interessanti il ciclo del combustibile.

Materiali combustibili: densità, conducibilità termica, comportamento sotto irraggiamento, compatibilità.

Materiali refrigeranti: proprietà termiche, densità, attivazione neutronica. Impiego del sodio nei reattori veloci.

Materiali strutturali: caratteristiche fisiche, meccaniche e nucleari degli acciai inossidabili e delle leghe di zirconio.

Materiali moderatori: grafite, acqua leggera, acqua pesante e moderatori organici.

Reazioni nucleari e mutazioni isotopiche.

Richiami di struttura del nucleo, isotopia e schemi di decadimento. Ciclo uranio-torio e uranio-plutonio. Prodotti di fissione. Energia associata alla fissione. Distribuzione della massa dei prodotti di fissione. Catene di decadimento dei prodotti di fissione. Potenza residua di decadimento di elementi di combustibile irraggiati.

Comportamento della barretta combustibile durante l'irraggiamento. Trasformazioni subite dal combustibile ceramico. Fenomeni di ridistribuzione: leggi fenomenologiche. Migrazione dell'uranio e del plutonio. Migrazione dell'ossigeno. Migrazione dei prodotti di fissione. Migrazione della porosità. Rigonfiamento e scorrimento viscoso. Effetto dell'irraggiamento sul materiale di guaina. Interazioni fra particelle e materia. Reazioni nucleari indotte ed effetti chimici. Fenomenologia microscopica. Effetti dell'irraggiamento sulle proprietà fisiche e meccaniche. Effetti dell'irraggiamento sulla densità. Interazioni meccaniche e chimiche combustibile-guaina. Interazione chimica combustibile-refrigerante. Comportamento integrale di una barretta ad ossidi misti durante l'irraggiamento.

Testi consigliati:

BRUZZI, CICOGNANI, DOMINICI, *Il ciclo del combustibile nei reattori nucleari,* CNEN, 1976.

Propedeuticità consigliate: Chimica fisica dei materiali nucleari.

Le *esercitazioni* (15-20 ore) vertono su esercizi numerici in applicazione degli argomenti trattati nel corso e sulla trattazione di temi specifici di aggiornamento.

Tesi di Laurea orientate verso lo studio del comportamento in pila degli elementi di combustibile.

4127

COMPLEMENTI DI NEUTRONICA

Docente: **Vincenzo Molinari** prof. ord.

Il corso si propone un duplice scopo: 1) fornire gli elementi di meccanica statistica dei sistemi non in equilibrio al fine di approfondire la conoscenza degli aspetti fondamentali dei processi di trasporto; 2) trattare alcuni problemi di Fisica del Reattore necessari per una migliore comprensione dei fenomeni fisici connessi con la progettazione neutronica di un reattore nucleare.

Programma

Elementi di meccanica statistica dei processi di trasporto.

Spazio delle fasi e insiemi rappresentativi. Densità di probabilità nello spazio delle fasi. Funzioni di distribuzione ridotte. Valori medi. Teorema di Liouville. Equazione di Liouville. Gerarchia di equazioni di B.B.G.K.Y.. Prima e seconda equazione della gerarchia. Equazione di Boltzmann senza collisioni. Equazioni di Vlasov. Dinamica degli urti elastici binari e leggi di conservazione. Descrizione dell'urto nel sistema di riferimento del centro di massa. Sezione d'urto differenziale e parametro d'urto. Vari tipi di potenziali di interazione. Equazione di Boltzmann. Teorema H. Distribuzione Maxwelliana. Fattore di Boltzmann. Equazione di Fokker-Planck. Flusso di proprietà molecolari. Equazioni macroscopiche. Equazioni di continuità, di conservazione della quantità di moto e dell'energia. Equazioni di Eulero e di Navier-Stokes. Legge di Ohm generalizzata. Applicazioni delle equazioni macroscopiche e dell'equazione di Vlasov allo studio di alcuni problemi di fisica del plasma (frequenza di plasma, lunghezza di Debye, propagazione di onde in un plasma).

Introduzione ai Reattori a fusione e considerazioni generali sui principali tipi di macchine.

Termalizzazione dei neutroni.

Neutroni termici e loro proprietà caratteristiche. Sezioni d'urto efficaci. Principio del "bilancio dettagliato". Tecnica delle sorgenti pulsate. Distorsione dello spettro dei neutroni termici per effetto della diffusione. Tecnica delle sorgenti stazionarie e avvelenamenti progressivi. Tecnica delle sorgenti pulsate per mezzi moltiplicanti. Costante di decadimento dei neutroni pronti e reattività di un sistema moltiplicante. Approccio all'equilibrio di una popolazione di neutroni. Calcolo della costante di termalizzazione sia per un mezzo infinito sia per un mezzo finito.

Testi consigliati:

1) Dispense del Docente.
2) E. AMALDI, *Handbuch der Physik*, vol. 38/II, Springer Verlag Berlino 1959.
3) J.L. DELCROIX, *Physique des Plasmas*, Dunod Parigi 1963.

Propedeuticità consigliate: Fisica nucleare, Fisica tecnica, Problemi matematici del reattore nucleare.

1384
COSTRUZIONE DI MACCHINE
Docente: **Antonio Strozzi** prof. ass.

Finalità del corso: il corso si propone di mettere l'allievo in grado di calcolare gli organi di macchina.

Programma

– Richiamo di strumenti matematica.
– Modelli matematici per il calcolo degli organi di macchina e loro limiti di validità: modello meccanico del materiale, modello della forma geometrica, modello dei vincoli.
– Analisi della tensione e della deformazione, sia in condizioni statiche sia in condizioni dinamiche, in organi di macchina: impostazione al continuo con metodi di soluzione, impostazione al discreto con metodi di soluzione, metodi sperimentali.
– Sintesi costruttiva degli organi di macchina: scelta del materiale, calcolo a deformazione, calcolo contro la rottura per fatica e per urto, calcolo contro la rottura fragile, calcolo contro la deformazione e la rottura provocate da scorrimento viscoso, calcolo contro l'instabilità, calcolo contro l'usura e la corrosione.
– Scelta ottima dei parametri caratteristici dell'organo di macchina: funzioni obiettivo, funzioni di vincolo.

Testi consigliati:

1) TIMOSHENKO-GOODIER, *Theory of elasticity,* McGraw-Hill Book Co.
2) TIMOSHENKO-WOINOWSKY-KRIEGER, *Theory of plates and shells,* McGraw-Hill Book Co.
3) RUITZ-KOENIGSBERGER, *Design for strength and production,* Macmillan
4) GIOVANNOZZI, *Costruzione di macchine,* Patron.
5) ROARK, *Formulas for stress and strain,* McGraw-Hill Book Co.

Le *esercitazioni* vertono sulla realizzazione di programmi per il calcolo di organi di macchina e sul progetto meccanico completo di una semplice macchina.

Gli *esami* si svolgono in appelli a richiesta degli allievi.

Propedeuticità consigliate: Meccanica delle macchine e Scienza delle costruzioni.

4128
COSTRUZIONI NUCLEARI
Docente: **Sergio Curioni** prof. ord.

Il corso si propone di fornire allo studente le conoscenze di base per la progettazione termostrutturale dei componenti meccanici di un impianto nucleare. A tale scopo vengono approfondite le conoscenze sui materiali, sulla normativa di progetto, nonchè sulle particolari sollecitazioni termomeccaniche a cui un componente è soggetto; sono analizzate anche le moderne metodologie di calcolo di queste strutture.

Programma

1 – Considerazioni generali sui reattori nucleari.
2 – Materiali per le costruzioni nucleari.

3 – Normativa (Norme ASME, progettazione dei componenti nucleari ad alta temperatura $T > 400°C$.)
4 – Tensioni termiche (Equazioni fondamentali della termoelasticità, esame di alcune strutture in stazionario, tensioni termiche in transitorio)
5 – Il calcolatore digitale nella soluzione di problemi strutturali (Il metodo degli elementi finiti, principali programmi agli elementi finiti oggi in uso)
6 – Plasticità (Considerazioni generali, analisi di una trave, relazioni tensioni-deformazioni in caso triassiale)
7 – Scorrimento viscoso (La risposta dei materiali alle alte temperature, esempi di calcolo di strutture)
8 – Sollecitazioni dinamiche (di origine esterna ed interna, metodi di studio delle strutture soggette a terremoti, incidenti nel nocciolo di un reattore).

Testi consigliati

R.W. NICHOLS, *Pressure Vessel Engineering Technology*, Ed. Elsevier.
A.S.M.E., Sec. III.
F. CESARI, *Il metodo degli elementi finiti nei problemi termostrutturali*, Ed. Pitagora.
Z. ZUDANS, *Thermal stresses in nuclear industry*, Ed. Elsevier.

Vengono svolte *esercitazioni* su argomenti specifici (esame dei problemi di progetto del nocciolo di un reattore, schermi termici e neutronici posti all'interno del vessel di un reattore, tappo di chiusura del vessel di un reattore veloce, applicazione del metodo degli elementi finiti al calcolo di strutture).

Esami orali.

Propedeuticità consigliate:

Scienza delle costruzioni, Meccanica delle macchine, Costruzioni di macchine.

6469

ELEMENTI DI INGEGNERIA DEL REATTORE NUCLEARE

Docente: **Ferrante Pierantoni** prof. inc. stab.

Programma

1) Progettazione dei reattori nucleari.

Generalità sulla progettazione dei reattori – Definizioni – Classificazione – Progetto concettuale – Criteri di progetto e valutazioni iniziali – Studi parametrici – Progetto di riferimento e suo sviluppo – Condizioni di sicurezza – Programma di accertamento della qualità durante la progettazione, costruzione e collaudo dei componenti.

2) Progettazione neutronica dei reattori.

Introduzione al calcolo neutronico dei reattori termici e veloci – Rapporto di conversione e breeding – Media delle sezioni d'urto – Burn-up e vita del reattore: refueling – Effetti di reattività: effetto di temperatura; effetto Doppler; effetto di vuoto – Progetto nucleare di un reattore termico.

3) Progettazione dell'elemento di combustibile.

Distribuzione della potenza – Generalità sugli elementi di combustibile – Combustibili liquidi – Combustibili solidi – Guaine – Barrette – Fascio di barrette – Fattore di canale caldo – Il problema dei gas di fissione.

4) Progetto degli schermi neutronici e gamma.

Considerazioni generali sul problema dello schermaggio nei reattori nucleari – Unità fondamentali di radiazione e dosi massime. Metodi di calcolo e codici come mezzi per il progetto – Criteri di dimensionamento termico degli elementi schermanti – Scelta dei materiali schermanti ed effetti delle radiazioni sui materiali – Descrizione di sistemi schermanti nei reattori veloci.

5) Sicurezza degli impianti nucleari.

"Public aceptance". – Siti e densità popolazione circostante – Regime giuridico degli impianti nucleari con particolare riguardo alla sicurezza nucleare ed alla protezione sanitaria – Analisi di sicurezza di un impianto nucleare – Criterio massimo incidente credibile/Criterio di Farmer – Gli eventi naturali – Aspetti della sicurezza delle centrali – Il problema principale per i reattori ad acqua – "L'Emergency Core Cooling Systems".

6) Programmazione.

Elaboratori e sistema operativo – Concetti generali di programmazione – La programmazione FORTRAN e sue applicazioni – Sistema di programmazione tipo PERT e CPM.

271

ELETTRONICA NUCLEARE

Docente: **Vito Antonio Monaco** prof. ord. (inc.)

_ Vengono trattati a livello istituzionale i dispositivi ed i circuiti elettronici impiegati per la metrologia di radiazioni nucleari.

Programma sintetico del corso

Dispositivi elettronici fondamentali. Funzionamento in regime stazionario ed in condizioni dinamiche. Analisi e progettazione di semplici circuiti analogici e digitali. Famiglie logiche integrate.

Dispositivi per la rivelazione di radiazioni nucleari.

Schemi funzionali di apparecchiature per la strumentazione nucleare.

Testi consigliati

VITO A. MONACO, *Elettronica Applicata.*

VITO A. MONACO, *Tecnica degli impulsi*, Ed. Pitagora.
E. KOWALSKY, *Nuclear electronics*, Springer, Verlag.

Oltre alle lezioni vengono svolte *esercitazioni* in aula consistenti nella analisi e progettazione di semplici circuiti elettronici. Per essere ammesso all'esame lo studente deve superare una prova scritta consistente nello svolgimento di esercizi del tipo trattato nelle esercitazioni.

Tesi di Laurea:
1) Progettazione di semplici circuiti o apparecchiature di Elettronica nucleare.
2) Realizzazione di routines di calcolo per l'analisi automatica di circuiti elettronici.

8082
ELETTROTECNICA (per Nucleari)
Docente: **Francesco Negrini** prof. ass.

Equazioni generali dell'elettromagnetismo: richiami e complementi sui vettori conservativi, solenoidali e irrotazionali. Definizione delle grandezze fondamentali dell'elettromagnetismo. Le equazioni di Maxwell e l'equazione di continuità in forma locale e integrale. Le equazioni di divergenza dei vettori $\overline{B}$ e $\overline{H}$ in forma locale e integrale. Le equazioni di legame materiale. Condizioni di continuità sulla superficie di separazione fra due mezzi.

Elettrostatica: definizione ed equazioni fondamentali. Il potenziale elettrico. Campo elettrico e potenziale dovuti a una carica puntiforme e ad una distribuzione volumetrica di cariche. Il regime elettrostatico dei conduttori. Influenza elettrostatica. Campo elettrostatico prodotto da conduttori carichi. Schermi elettrostatici. Condensatori e loro collegamenti.

Elettromagnetismo stazionario: definizione ed equazioni fondamentali. Legge di Ohm per un circuito e per un tratto di circuito. Principi di Kirchhoff. Collegamenti di resistenze. Soluzione di reti elettriche. Potenza assorbita da un circuito; effetto Joule. Bilancio energetico di una rete elettrica. Il campo magnetico stazionario. Circuiti magnetici lineari. Legge di Hopkinson. Estensione dei principi di Kirchhoff ai circuiti magnetici. Circuiti magnetici ad elevata permeabilità. Coefficienti di auto e mutua induzione e loro determinazione. Uguaglianza dei coefficienti di mutua induzione fra due circuiti. I materiali ferromagnetici: isteresi magnetica; magneti permanenti.

Elettromagnetismo quasi stazionario: definizione e ipotesi. Circuiti a costanti concentrate. Legge di Ohm generalizzata. Generalizzazione dei principi di Kirchhoff. Osservazioni sulla legge della circuitazione magnetica e sulla legge dell'induzione elettromagnetica.

Il bilancio energetico dei sistemi elettromagnetici: equazione generale di bilancio. Energia elettrostatica di un condensatore. Energia magnetica di un insieme di circuiti. Energia magnetica in funzione del campo. Energia dissipata in un ciclo di isteresi. Forza esercitata da un elettromagnete. Coppia fra bobine percorse da corrente.

Il transitorio dei circuiti elettrici: componente transitoria e componente di regime di una corrente. Ricerca delle correnti di regime. Ricerca delle componenti transitorie. Dati e valori iniziali. Circuito R-L alimentato da f.e.m. costante. Circuito R-C alimentato da f.e.m. costante. Circuito RLC.

I circuiti elettrici in regime di corrente alternata: grandezze sinusoidali; valore efficace. Rappresentazione delle grandezze sinusoidali mediante numeri complessi. Legge di Ohm simbolica. Impedenza di un circuito. Equazioni di Kirchhoff simboliche. Studio di circuiti in c.a. mediante il metodo simbolico. Risonanza ed antirisonanza. Potenza attiva e potenza reattiva. Potenza complessa. Additività delle potenze. Gli strumenti elettrodinamici di misura: ampermetro, voltmetro, wattmetro. Il rifasamento: calcolo dei condensatori di rifasamento.

Sistemi trifase: definizioni e proprietà fondamentali. Cenni sui generatori di alimentazione di un sistema trifase. Utilizzatori a stella e a triangolo. Teorema di equivalenza. Potenza assorbita da un utilizzatore trifase. Misure di potenza nei sistemi trifase; inserzione Aron. Sistemi trifase con neutro.

Introduzione allo studio delle macchine elettriche: ipotesi fondamentali. Equazioni interne ed esterne delle macchine elettriche. Impiego dei materiali ferromagnetici; perdite nel ferro, laminazione.

Trasformatori: principio di funzionamento. Ipotesi di campo. Equazioni interne ed esterne. Relazioni approssimate. Estensione delle equazioni per tener conto delle correnti parassite. Rete equivalente. Reti equivalenti semplificate. Funzionamento a vuoto e in cortocircuito. Misura del rendimento di un trasformatore. Trasformatori di misura. Trasformatori trifase.

Il campo magnetico rotante: nozioni costruttive sulle 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. F.e.m. indotta in una fase da un campo rotante.

Macchine asincrone: nozioni costruttive. Principio di funzionamento. Sincronismo dei campi rotanti di statore e rotore. Equazioni interne. Teorema di equivalenza. Coppia di una macchina asincrona. Equazioni esterne. Rete equivalente. Condizioni di funzionamento da motore, generatore e freno. Curve caratteristiche: caratteristica meccanica ed elettromeccanica. Considerazioni tecniche sul funzionamento: avviamento e stabilità del funzionamento a regime. Motori asincroni a gabbia e a doppia gabbia.

Macchine sincrone: nozioni costruttive: rotore a poli lisci e a poli sporgenti. Principio di funzionamento.

Macchine a corrente continua: nozioni costruttive. F.e.m. indotta in una spira rotorica. F.e.m. indotta alle spazzole. Cenno sulla reazione di armatura. Coppia di una macchina a c.c. Equazioni interne ed esterne della dinamo. Caratteristica esterna. Dinamo autoeccitata in parallelo. Motore a c.c. 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 a c.c. eccitato in serie.

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 del corso.

L'*esame* si articola di regola in una prova scritta ed in una prova orale.

406
FISICA ATOMICA
Docente: **Arnaldo Uguzzoni** prof. ass.

Il corso si propone di fare acquisire agli studenti i fondamenti sperimentali e teorici della fisica moderna, introducendo i concetti di base della teoria della relatività (ristretta) e della meccanica quantistica e illustrando le applicazioni di questa ultima teoria (nella sua formulazione ondulatoria) alla spiegazione di alcuni problemi fondamentali nello studio della struttura della materia.

Programma

1 — *Relatività ristretta*: Relatività newtoniana. Esperimento di Michelson-Morley. Postulati di Einstein. Le trasformazioni di Lorentz. Contrazione delle lunghezze e dilatazione dei tempi. Critica operativa al concetto di simultaneità. La meccanica relativistica. Equivalenza massa-energia. Relatività ed elettromagnetismo. 2 — *Origine delle teorie quantistiche*: Problemi non risolti della fisica classica: i calori specifici e la radiazione del corpo nero. L'ipotesi di Planck. I fotoni: effetto fotoelettrico, effetto Compton, interazione fra radiazione e materia. Onde e fotoni. I modelli atomici. Atomo di Rutherford. Spettroscopia e struttura degli atomi. Il modello di Bohr. La teoria di Bohr e Sommerfeld e la quantizzazione delle variabili dinamiche. 3 — *Meccanica quantistica*: Critica operativa delle teorie semiclassiche. Onde di De Broglie e pacchetti d'onde. La diffrazione degli elettroni. Equazione di Schrödinger: grandezze fisiche ed operatori. Principio di Heisenberg. Soluzione dell'equazione di Schrödinger in diversi casi semplici. Il formalismo della meccanica quantistica e la sua interpretazione. Il momento angolare. L'equazione di Schrödinger per un campo di forze centrali: gli atomi idrogenoidi. Teoria delle perturbazioni. 4 — *Strutture atomiche e molecolari*: Lo spin. Principio di Pauli. La configurazione elettronica degli atomi. Metodo di Hartree per gli atomi complessi. Raggi X e strutture atomiche. Atomo di elio ed effetti di scambio. Spettri ottici di atomi complessi e schemi di accoppiamento. Cenni alle strutture molecolari. 5 — *Statistiche classiche e quantistiche.*

Testi consigliati

R. RESNICK, *Introduzione alla relatività ristretta.*
M. BORN, *Fisica Atomica.*

ALONSO-FINN, *Fundamental University Physics,* (III).
BARBERO-MALVANO, *Introduzione alla Fisica Atomica Molecolare;*
La Fisica di Berkeley, Vol. IV: Fisica Quantistica.

Il corso è integrato da *esercitazioni* rivolte a richiamare nozioni di fisica classica e ad applicare i principi esposti nel corso alla soluzione di problemi particolarmente illustrativi delle metodologie utilizzate nella fisica atomica.

Esami orali.

Propedeuticità consigliate:
Fisica I, Fisica II, Meccanica razionale.

409
FISICA DEL REATTORE NUCLEARE
Docente: **Vinicio Boffi** prof. ord.

Il corso si propone di fornire i fondamenti istituzionali connessi col funzionamento fisico, ed i metodi – a carattere anche più monografico – connessi con la progettazione neutronica di un reattore nucleare a fissione, visto sia come sorgente di neutroni sia come sorgente di calore.

Programma

Teoria del trasporto dei neutroni. a) teoria integrale del trasporto per neutroni monoenergetici e scattering isotropo: la legge di Fick e l'approssimazione di diffusione; b) il metodo del "kernel" ed i "kernels" di diffusione e di trasporto; c) teoria integro-differenziale del trasporto, l'equazione di Boltzmann per neutroni monoenergetici e scattering comunque anisotropo; d) estensione al caso di neutroni polienergetici.
Reattori termici omogenei. Fattore di moltiplicazione infinito, e formula dei 4 fattori.
Reattori termici eterogenei. L'influenza dell'eterogeneità sul fattore di moltiplicazione infinito.
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 ad 1 e 2 gruppi di neutroni.
Cinetica del reattore. La formula "inhour".
Cenni sui reattori veloci e di conversione.

Testi consigliati

V. BOFFI, *Fisica del Reattore Nucleare,* Vol. I, parte I° e 2°, Patron, Bo. 1974 (Un'ampia bibliografia è reperibile in questo volume in accordo ai vari argomenti).

Il corso viene corredato da una serie di *esercitazioni* teoriche e numeriche.

Esame orale, implicante anche gli argomenti svolti nelle esercitazioni.

Propedeuticità consigliate: Problemi matematici del reattore nucleare, Fisica nucleare, Fisica tecnica, Idraulica.

Tesi di Laurea:

Indirizzo teorico nel campo della teoria del trasporto di particelle cariche e neutre, e sue applicazioni a diversi problemi di fisica e di ingegneria (teoria dei reattori nucleari, teoria del trasporto radiativo, teoria cinetica dei gas, calore, plasmi).

422

FISICA NUCLEARE

Docente: **Valerio Benzi** prof. inc. stab.

Finalità del corso

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 del corso

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.*

Si consiglia di sostenere l'esame di Fisica nucleare nel III anno del corso di studi.

517

IMPIANTI NUCLEARI

Docente: **Enrico Sobrero** prof. ass.

Lo scopo del corso 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.

Programma

La prima parte del corso è dedicata allo studio dei principali problemi ter-

mici, termoidraulici e termomeccanici dei "noccioli" 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 del corso. 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)
EL WAKIL, *Nuclear power engineering.*
GLASSTONE, *Principles of Nuclear Reactor Engineering.*
POULTER, *The Design of Gas-cooled Graphite Moderated Reactors.*
Dispense del corso ed aggiornamenti bibliografici sono disponibili di anno in anno.

S. FABBRI, *Appunti di Meccanica applicata alle macchine e macchine,* Ed. Pàtron, Bologna.
Macchine seconda parte, Ed. Pitagora, Bologna.
M.M. El-WAKIL, *Nuclear power engineering,* McGraw-Hill, 1962.

Le *esercitazioni* vengono svolte come parte integrante del corso 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.

4313
MACCHINE
Docente: **Giorgio Negri di Montenegro** prof. ord.

Finalità del corso: il corso 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. Il reattore a gas, circuito ad una e due pressioni.
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.
M.M. EL-WAKIL, "Nuclear power engineering", McGraw-Hill.
G. MINELLI, "Macchine idrauliche", ed. Pitagora, Bologna.
G. MINELLI, "Turbine a gas", ed. Pitagora, Bologna.
G. MINELLI, "Motori endotermici alternativi", ed. Pitagora, Bologna.

665
MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICI
Docente: **Francesco Negrini** prof. ass. (inc.)

Il Corso si propone di fornire, agli allievi ingegneri nucleari, i criteri di studio, i principi di funzionamento, le caratteristiche di esercizio ed elementi di tecnologia, relativi alle macchine ed impianti elettrici presenti nelle convenzionali centrali termoelettriche, nelle centrali nucleari di tipo provato e negli impianti nucleari di tipo avanzato. Verranno inoltre illustrati i problemi relativi all'economia dell'energia ed i concetti generali sulla produzione ed il trasporto dell'energia elettrica con particolare riferimento all'esercizio della rete elettrica italiana.

Programma

1) *Richiami di teoria dei circuiti*: Circuiti elettrici in corrente continua – Circuiti magnetici – Circuiti elettrici in corrente alternata – Circuiti in fase transitoria.
2) *Funzionamento delle macchine elettriche* in regime permanente e in fase transitoria: Trasformatori – Macchine asincrone – Macchine sincrone – Turboalter-

natori per Centrali nucleari – Macchine a corrente continua – Convertitori statici.

3) *Impianti elettrici*

Elementi che caratterizzano la produzione e la trasmissione.
Componenti di un impianto.
Linee e rifasamento.
Apparecchi di manovra, di regolazione, di protezione.
Circuiti principali e circuiti secondari delle Centrali Elettriche.
Schema elettrico di una centrale elettronucleare.

4) *Macchine e Impianti elettrici speciali*

Elementi di economia dell'energia: Esigenze d'energia e fonti d'energia – Consumi – Diagramma di carico – Modo di coprire i diagrammi di carico con sistemi elettrici convenzionali e con sistemi elettrici non tradizionali.
Elementi di ingegneria magnetofluidodinamica: Proprietà dei gas ionizzati in campi elettrici e magnetici – Generatori MHD di corrente continua e di corrente alternata in Ciclo Chiuso, in Ciclo Aperto e in Ciclo Misto – Principio di funzionamento dei Reattori a Fusione a confinamento magnetico iniziale e ibrido.

Testi consigliati per consultazione

1) F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica Generale.*
2) S. CREPAZ, *Macchine elettriche.*
3) N. FALETTI, *Impianti elettrici.*
4) LEVI-PANZER, *Electromechanical Energy Conversion.*
5) SUTTON-SHERMAN, *Engineering Magnetobydrodynamics.*

Propedeuticità consigliata: Elettrotecnica I.

Gli *esami* si svolgono con appelli settimanali.

Durante il Corso si svolgono numerose *esercitazioni* numeriche ed anche esercitazioni sperimentali sia nei Laboratori dell'Istituto di Elettrotecnica sia nei Laboratori di Ingegneria Nucleare di Montecuccolino, quando è possibile.

A fine anno si svolgeranno visite tecniche guidate ai Laboratori Nazionali Gas Ionizzati del CNEN di Frascati, compatibilmente con la disponibilità finanziaria della Facoltà.

Tesi di Laurea: gli argomenti disponibili vengono esposti all'inizio di ogni Anno Accademico, nella apposita bacheca.

2631
MECCANICA DELLE MACCHINE
Docente: **Alberto Maggiore** prof. straord.

Scopo del corso:

Il corso si propone di fornire gli elementi per lo studio delle macchine dal punto di vista statico, cinematico e dinamico.

Programma

La prima parte del corso è dedicata allo studio della trasmissione del movimento e delle forze dei meccanismi. A questo scopo viene esaminato il comportamento delle coppie cinematiche sia in condizioni di attrito secco, sia lubrificante. L'analisi viene quindi estesa ai principali meccanismi impiegati nella tecnica: quadrilatero articolato, manovellismo di spinta, glifo a croce, giunto di Cardano, meccanismi con camme, rotismi, meccanismi con organi flessibili.

Nella seconda parte del corso vengono considerati alcuni aspetti del comportamento dinamico delle macchine. Vengono così studiate le vibrazioni dei sistemi ad un grado di libertà, l'equilibratura e le velocità critiche dei rotori, la compensazione delle azioni di inerzia nelle macchine alternative, la regolarità del moto delle macchine.

Testo consigliato:

FUNAIOLI E., *Meccanica applicata alle macchine*, voll. 1 e 2, ed. Patron, Bologna.

Esercitazioni relative ad argomenti trattati nel corso.

Esami orali, con almeno una delle domande relativa ad un esercizio.

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, spettrigamma, 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, radiostimolazione sementi, impianti X per radiodiagnostica, radioterapia, analisi macromolecolare, acceleratori di particelle, bombe al Co ed al Cs.

Esercitazioni - N. 10

Caratteristiche di un geiger — caratteristiche dei contatori proporzionali a BF_3 — caratteristica delle camere a ionizzazione e taratura — Taratura di contatore a BF_3 e di sonda alfa — caratteristica e taratura di analizzatore multicanale — analisi qualitativa gamma con analizzatore multicanale — analisi quantitativa con il metodo del confronto.

Analisi quantitativa di sorgente piana circolare finita con taratura di efficien-

za 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.

5804

PROBLEMI MATEMATICI DEI REATTORI NUCLEARI

Docente: **Giampiero Spiga** prof. ass.

Il corso si propone di fornire gli elementi di analisi superiore e di fisica matematica indispensabili ad affrontare correttamente l'analisi dei sistemi nucleari ed i problemi fisici ed ingegneristici ad essi associati. La teoria viene svolta con lo scopo di fornire strumenti adeguati per le applicazioni, che, pur caratterizzate da una impostazione interdisciplinare, sono tratte prevalentemente dall'ingegneria nucleare, e toccano in particolare tutti i principali problemi matematici della teoria del trasporto di neutroni e della fisica del reattore nucleare.

Programma

Funzioni complesse di variabile complessa. Funzioni analitiche. Integrali nel campo complesso. Residui. Serie di Taylor e di Laurent. Zeri e poli. Prolungamento analitico. Funzioni polidrome. Applicazioni del teorema dei residui. Lemmi di Jordan.

Insiemi e funzioni misurabili. Integrale secondo Lebesgue. Topologia degli spazi astratti. Spazi di Banach e di Hilbert. Lo spazio L_2. Funzionali e operatori. Distribuzioni. Ortogonalità e completezza in L_2. Serie di Fourier. Teoremi di Parseval e Riesz-Fischer. Sistemi ortogonali e completi. Polinomi ortogonali. Trasformata di Fourier finita.

Trasformata e integrale di Fourier. Significato e proprietà della operazione. Applicazioni. Trasformata ed integrale di Laplace, ascisse di convergenza. Problemi di valore iniziale. Trasformata bilatera di Laplace.

Operatori integrali lineari e loro proprietà. Equazioni integrali di Fredholm. Serie di Neumann. Autovalori e autofunzioni. Nuclei degeneri. Teoremi di Fredholm. Equazioni integrali di Volterra.

Problemi di valore al contorno. Funzione di Green, suo significato, ed applicazioni. Problemi di Sturm Liouville regolari e singolari. Autovalori e autofunzioni. Esempi di problemi singolari.

Genesi e applicazioni delle funzioni speciali. Equazioni differenziali ordinarie e teorema di Fuchs. Equazioni e funzioni ipergeometriche. Funzioni di Legendre e di Bessel, e applicazioni. Funzione gamma di Euler.

Equazioni alle derivate parziali. Problema e teorema di Cauchy. Il metodo delle caratteristiche. Equazioni della fisica matematica. Equazioni iperboliche, paraboliche, ellittiche. Problemi di valore al contorno. La tecnica di separazione delle variabili.

Esercitazioni

Sono parte essenziale del corso: la teoria svolta viene applicata alla risoluzione di concreti problemi di base della fisica e dell'ingegneria, con particolare riguardo alla fisica ed ingegneria dei reattori nucleari. Vengono tra l'altro trattati i seguenti argomenti: studio di alcuni operatori della teoria del trasporto e della diffusione e relativi autovalori e autofunzioni, l'equazione integrale del trasporto, l'uso di serie di Fourier e di trasformate integrali nella soluzione di equazioni dell'ingegneria nucleare, funzioni di Green nel trasporto e diffusione di neutroni, densità neutroniche e profili di temperatura in sistemi reattoriali esprimibili per mezzo di funzioni speciali, il metodo delle armoniche sferiche, fenomeni di propagazione e diffusione di neutroni e di calore.

Testi consigliati:

F.G. TRICOMI, *Istituzioni di analisi superiore*, CEDAM.
E. DE CASTRO, *Complementi di analisi matematica*, Zanichelli.
A.C. ZAANEN, *Linear analysis*, North Holland.
A. GHIZZETTI, A. OSSICINI, *Trasformate di Laplace e calcolo simbolico*, UTET.
M. REED, B. SIMON, *Methods of modern mathematical physics*, Academic Press.
A. ERDELYI (Editor), *Higher transcendental functions*, McGraw Hill.
I. STAKGOLD, *Boundary value problems of mathematical physics*, Macmillan.
F. JOHN, *Partial differential equations*, Springer Verlag.
G. SPIGA, *Problemi matematici della fisica e dell'ingegneria*, Pitagora.

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, propagazione, diffusione, ...).

6806
REATTORI AVANZATI
Docente: **Francesco Premuda** prof. inc. stab.

Il corso si propone di avviare il futuro ingegnere nucleare alla trattazione dei fondamentali problemi fisico-matematici e di calcolo della progettazione neutronica dei reattori termici ad alta temperatura, dei reattori veloci e dei reattori a fusione.

Programma

Si trattano in particolare: il calcolo degli integrali di risonanza nei reattori HTGR e nei reattori veloci, la cinetica delle reazioni di scattering anelastico, della reazione (n, 2n) e delle reazioni legate al breeding del tritio; la determinazione degli spettri

neutronici nei reattori veloci e a fusione; le tecniche per l'omogeneizzazione dei reticoli ed i calcoli di spettro termico in essi con particolare riferimento ai problemi di multicella in HTGR; la teoria ed i metodi di calcolo iterativi di criticità per reattori termici e veloci con codici di trasporto e di diffusione; lo sviluppo di metodi intermedi diffusione-trasporto per reattori veloci; la fenomenologia fisica e le problematiche codicistiche neutroniche della schermatura dei reattori nucleari.

Le diverse problematiche elencate saranno portate avanti fino alla loro traduzione in codici di calcolo di progetto.

Testi consigliati:

F. PREMUDA, *Su alcuni problemi dei reattori avanzati*, rapporto ENEA INF/CEC, in corso di stampa.

F. PREMUDA, *Introduzione al metodo del modo fondamentale aggiornato per calcoli di spettro neutronico con MC²-2*, Rapporto CNEN RIT/FIS-LMA (79) 3, 1979.

Esami: orale in cui si verifica la comprensione delle impostazioni date ai problemi applicativi studiati nel corso, a partire da un primo argomento scelto dal candidato.

Propedeuticità consigliate: Fisica del reattore nucleare. Cinetica e controllo del reattore nucleare. Complementi di neutronica. Problemi matematici del reattore nucleare.

Tesi di laurea: Effetti della macroterogeneità "core-blanket" sullo spettro di un reattore veloce. Problemi di "sputtering" dalla prima parete dei reattori a fusione. Effetti di eterogeneità fine nei reattori nucleari termici avanzati e veloci.

6470

STRUMENTAZIONE E REGOLAZIONE DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

Docente: **Franco Cesari** prof. ass.

Il corso si propone di analizzare gli impianti nucleari sotto l'aspetto funzionale e strutturale onde consentire una visione generale delle esigenze e dei problemi connessi con il progetto, il funzionamento, l'esercizio e la regolazione delle centrali nucleari. Particolare attenzione verrà fatta agli impianti nucleari veloci refrigerati a sodio liquido.

Programma

1) Condizioni di carico e di funzionamento degli impianti di potenza.
2) Fenomeni strutturali legati alle condizioni di carico ed alle situazioni funzionali limite.
3) Correlazioni funzionali-strutturali nel progetto della parte primaria della centrale (circuiti di refrigerazione principali e relative componenti).
4) Rilevamento e manipolazione delle quantità fisiche rilevanti e necessarie per

la regolazione della centrale.
5) Ciclo di movimento del combustibile nella centrale e caratteristiche del combustibile in rapporto alle esigenze del ciclo.
6) Funzionamento, esercizio e primo avvio della centrale.
7) Incidenti e contenimento della centrale.

Testi consigliati:
Dispense del corso a cura del docente.
EL WAKIL, *Nuclear Power Engineering*, Mc Graw-Hill.

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.

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 M. Strocchi** prof. inc. stab.

Finalità del corso

Presentare i diversi argomenti, anche nei loro aspetti quantitativi, alla luce dei principi fondamentali della Scienza dei Materiali, e correlare i meccanismi microstrutturali con i problemi tecnologici di immediato significato applicativo per l'ingegnere progettista e d'esercizio.

I. Considerazioni introduttive — Principi fisici — Cenno alle proprietà nucleari dei materiali — Finalità e limiti della presente esposizione.

II. Le proprietà dei materiali: aspetti termodinamici — Richiami di termodinamica — Le funzioni di Helmholz e di Gibbs — Applicazioni allo studio degli equilibri di fase — Diagrammi di stato: Sistemi binari — equilibri liquido-solido; Sistemi binari — equilibri solido-solido; Diagrammi di stato complessi relativi a sistemi binari; Cenno ai diagrammi di stato dei sistemi ternari — Applicazioni allo studio degli equilibri nei sistemi sede di reazione chimica.

III. Le proprietà dei materiali: aspetti strutturistici — Richiami sulla struttura dei solidi — I cristalli perfetti: solidi molecolari; solidi ionici; solidi covalenti; solidi metallici — Fasi solide metalliche: soluzioni solide sostituzionali; Soluzioni solide

interstiziali; Fasi intermedie — Difetti reticolari — I cristalli reali: vacanze, interstiziali e difetti di Frenkel; Dislocazioni — Conseguenze della presenza dei difetti reticolari nei cristalli reali: diffusione; plasticità; interazioni mutue tra dislocazioni; incrudimento; bordi di grano; interazioni tra dislocazioni, atomi di soluto e particelle di precipitato.

IV. Le proprietà dei materiali: aspetti cinetici — Richiami di cinetica; definizioni; effetto della temperatura; diffusione; Trasformazione di fase; solidificazione in condizioni di non equilibrio; trasformazioni di stato in fase solida. Diagrammi TTT.

V. I trattamenti termici dei materiali metallici — Trattamenti termici di addolcimento — Ricotture: ricottura di omogeneizzazione; ricottura di distensione. Processi di riassestamento, ricristallizzazione, ingrossamento dei grani; ricottura completa. Trattamenti di indurimento; trattamenti di indurimento basati sulla trasformazione eutettoidica; La precipitazione da una soluzione solida soprassatura; La trasformazione disordine-ordine di una soluzione solida.

VI. Comportamento meccanico dei materiali metallici — Deformazione elastica e plastica. Frattura — Fatica — Comportamento dei materiali metallici sollecitati ad alta temperatura. Scorrimento a caldo: Influenza del carico e della temperatura; Influenza del bordo dei grani; Valutazione pratica del comportamento al creep.

VII. Compatibilità e corrosione — Premessa e definizioni — I fondamenti dei processi corrosivi a umido: Richiami di elettrochimica; Aspetti stechiometrici; Aspetti termodinamici; Aspetti cinetici; Passivazione e passività; Aspetti morfologici e strutturali; Metodi di prevenzione e protezione — Cenno ai processi di corrosione a secco — Cenno ai processi corrosivi determinati da metalli fusi.

VIII. Effetto delle radiazioni sulle proprietà dei materiali — Principi generali — Aspetti fisici — Danneggiamento del reticolo cristallino e modificazione delle proprietà fisiche dei materiali: Dimensioni reticolari; Densità e caratteristiche geometriche; Microstruttura; Conducibilità termica — Effetto dell'irraggiamento sulle proprietà meccaniche: Tensione critica di taglio, proprietà tensili; Modulo di elasticità; Durezza; Scorrimento — Influenza dei trattamenti precedenti e della temperatura d'irraggiamento — Energia immagazzinata e suo rilascio.

IX. I principali materiali per impianti nucleari — Materiali per contenitori in pressione e circuito primario: Contenitori in pressione in acciaio basso-legato; Vessel in cemento armato precompresso; Contenitori in acciaio inossidabile austenitico; Sistemi tubolari in lega di zirconio per reattori ad acqua pesante; Generatore di vapore ed elementi del circuito primario — Materiali per il nocciolo del reattore; Elementi di combustibile; Materiali strutturali; Materiali moderatori; Materiali assorbenti (per barre di regolazione); Materiali termovettori (refrigeranti).

Testi consigliati:

P.M. STROCCHI, *Tecnologia dei Materiali Nucleari,* CLUEB, Bologna, 1979.
TIPTON C.R. Jr., *Reactor Handbook,* Vol. I Materials. Interscience, New York, London, 1960.

Esercitazioni

Nel corso delle esercitazioni vengono sviluppati argomenti complementari ed esemplificazioni ad indirizzo applicativo.

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 tecnica concreto.

Sperimentale, intesa allo studio ed alla caratterizzazione di nuovi materiali, nuovi processi, nuove applicazioni.

2049

TECNOLOGIE GENERALI

Docente: **Gustavo Favretti** prof. ord. (inc.)

Il corso si propone lo studio e la descrizione dei processi di fabbricazione dei componenti delle costruzioni elettro-meccaniche, chimiche e nucleari.

Vengono analizzati i diversi processi di trasformazione dei materiali impiegati (acciai e leghe di rame) fino al pezzo finito, i fattori che li influenzano e i dispositivi e le macchine impiegate.

Particolare attenzione viene rivolta all'analisi delle proprietà meccaniche dei materiali, dei parametri che le caratterizzano e alla tecnologia della saldatura.

Programma

1a parte - *Tecnologie dei materiali*

Proprietà meccaniche e prove per determinare i parametri che le caratterizzano (trazione, meccanica della frattura, compressione, flessione, torsione, fatica, creep, resilienza, durezza). Solidificazione delle leghe binarie (cenno), diagramma ferro-carbonio. Produzione della ghisa greggia, caratteristiche e designazione degli acciai, produzione degli acciai (processo L.D.). Trattamenti termici degli acciai. Rame e sue leghe.

2a parte - *Tecnologia della saldatura*

Saldatura: ossiacetilenica, ad arco manuale, MIG, MAG, TIG, Arcatom, elettrogas, ad arco sommerso, alluminotermica, electron-beam, con il laser. Ossitaglio, taglio ossiacetilenico, solcatura con aria compressa, plasma-jet. Forgiatura e bollitura a gas, saldatura elettrica a resistenza, saldatura a scintillio. Saldobrasatura, brasatura capillare. Qualifica saldatori. Metallurgia della saldatura, l'idrogeno in saldatura, tensioni residue. Controlli non distruttivi: raggi x, raggi γ, radioscopia, ultrasuoni, prove idrauliche.

3a parte - *Lavorazioni per deformazione plastica*

Incrudimento e riassetto. Lavorazioni a caldo: fucinatura statica e dinamica con e senza stampo, laminazione, estrusione. Lavorazioni a freddo: trafilatura, produzione delle lamiere, lavorazione delle lamiere (taglio, tranciatura, punzonatura, piegatura, calandratura, sagomatura, imbutitura). Macchine e attrezzature per le lavorazioni per deformazione plastica, magli, presse. Trattamenti termomeccanici. Metallurgia delle polveri.

4a parte - *Lavorazioni per asportazione di materiale*

Taglio dei metalli (cenno), lavorazioni per asportazione di truciolo (tornitura, fresatura, foratura, piallatura, brocciatura, rettifica), utensili e macchine utensili per le lavorazioni per asportazione di truciolo, attrezzature. Elettroerosione. Il controllo numerico delle macchine utensili.

Testi consigliati:

TECNOLOGIA MECCANICA, Lezioni tenute presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna, Pàtron, Bologna.
VALLINI A., *La saldatura e i suoi problemi*, Vol. 1° e 2°, Del Bianco editore.
MAZZOLENI F., *Tecnologie dei metalli*, Vol. 2° e 3°, UTET.
MICHELETTI G.F., *Tecnologia meccanica*, Vol. 2°, UTET.
MACCHINE UTENSILI, Enciclopedia pratica della tecnica, Vallecchi, Firenze.
METALS HANDBOOK, Volumi 3°, 4°, 5°, 6°, American Society for Metals.

Propedeuticità consigliate: Scienza delle costruzioni, Meccanica applicata alle macchine.

Esami: colloquio che, prendendo lo spunto da problemi pratici, tocca i principali argomenti del corso.

Tesi di Laurea: processi di saldatura, processi e macchine per la lavorazione dei metalli.

6803
TEORIA DEI SISTEMI
Docente: **Giuseppe Basile** prof. ord.

Programma

Elementi di matematica

Spazi vettoriali – Sottospazi – Basi – Norme – Trasformazioni lineari – Matrici – Autovalori – Autovettori – Sottospazi invarianti – Forma di Jordan – Funzione di matrice – Pseudoinversa di una matrice –

Introduzione alla Teoria dei Sistemi

Definizione di sistema – Classificazione dei sistemi – Modelli matematici – Esempi di sistemi dinamici –

Studio delle proprietà caratteristiche dei sistemi

Stabilità – Il metodo diretto di Liapunov – Stabilità dei sistemi non lineari – Stabilità dei sistemi lineari – Controllabilità e osservabilità – Definizioni generali – Studio dei sottospazi caratteristici per sistemi lineari stazionari – Scomposizione di Kalman –

Complementi di Controlli Automatici

Matrici e funzioni di trasferimento per sistemi lineari stazionari – Poli e zeri – Modi della risposta – Metodi grafici per lo studio della stabilità –

1059

TERMOTECNICA DEL REATTORE

Docente: **Enrico Lorenzini** prof. ord.

Il corso 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.*

Università di Bologna
BIBLIOTECA
CENTRALE
Facoltà di Ingegneria

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, *Fattori di canale caldo*, Ed. Petroni.
LORENZINI, *Cicli termodinamici dei reattori nucleari*, Ed. Petroni.
EL WAKIL, *Nuclear Power Engineering*, McGraw-Hill.
CUMO, *Elementi di termotecnica del reattore*, CNEN.
LORENZINI, *Ebollizione*, Ed. Pitagora.
LORENZINI, CUMO, *Energia nucleare: problemi degli anni '80*, Ed. Pàtron.

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.

06077

L. 2.000

FACOLTÀ DI INGEGNERIA