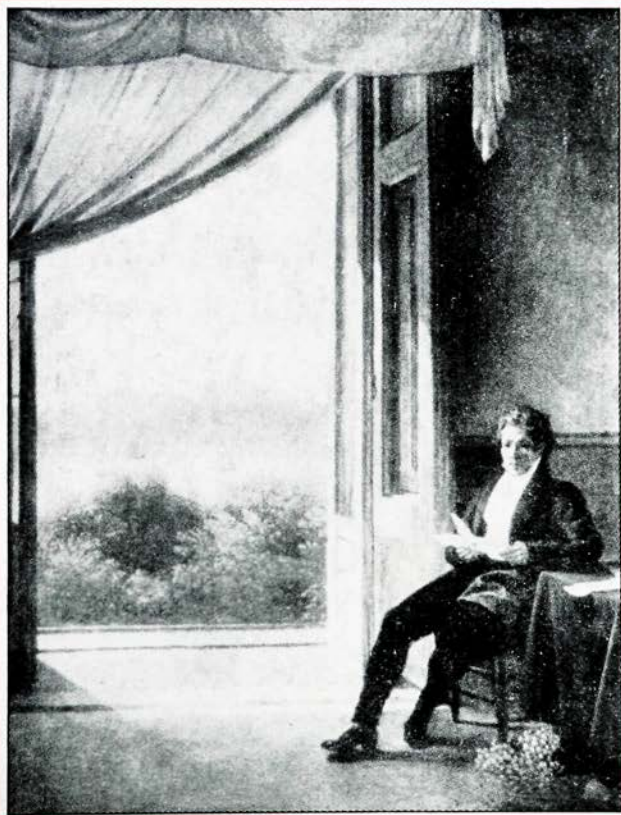


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA

GUIDA DELLO STUDENTE PER LA FACOLTÀ DI

INGEGNERIA

ANNO
ACCADEMICO
1983-1984



QUEB



Franz Ludwig Catel, *Schinkel a Napoli*, 1824 (particolare),
Olio su tela, cm. 62 x 49.
Collezione privata.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA

GUIDA DELLO STUDENTE
PER LA FACOLTÀ DI
INGEGNERIA

Anno Accademico 1983-1984

Biblioteca "Gian Paolo Dore"
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
INV. N° 14353

Editrice **CLUB** Bologna



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

Finito di stampare nel mese di ottobre 1983 in Bologna
dalla Cooperativa Libreria Universitaria Editrice

INDICE

	<i>pag.</i>
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. 1983/84	32
1 - Calendario delle lezioni	32
2 - Calendario degli esami	32
3 - Esami di Laurea	32
4 - Piani di studio ufficiali	32
5 - Note esplicative sui singoli Corsi di Laurea	43
Dati statistici (studenti iscritti, laureati)	55
Normativa di Segreteria	58
1 - Immatricolazione	58
2 - Immatricolazione di stranieri e di italiani in possesso di titoli di studio stranieri	59
Immatricolazione	64
Iscrizione ad anni di corso successivi al primo	65
Riconoscimento di titolo accademici esteri o di periodi di studio universitario compiuto all'estero	66
3 - Norme generali relative alla carriera scolastica	62
A) Validità dell'anno e attestazioni di frequenza	62
B) Corsi liberi	62
C) Esami di profitto	62
D) Esami di Laurea o Diploma. Modalità	63
E) Conseguimento di un'altra laurea	64
4 - Norme particolari relative alla carriera scolastica nella Facoltà di Ingegneria	64

	<i>pag.</i>
5 - Trasferimenti ad o da altre Università, o Facoltà, o Corsi di Laurea	
A) Trasferimenti ad altra Università (congedi)	66
B) Trasferimenti da altra Università	67
C) Passaggi da altra Facoltà o Corso di Laurea presso l'Università di Bologna	67
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	68
E) Normativa per l'iscrizione di laureati in Architettura	68
6 - Piani di studio individuali	70
A) Criteri generali della Facoltà per l'applicazione delle leggi n. 910 e n. 924	71
B) Norme di massima per singoli Corsi di Laurea	71
7 - Rilascio di attestazioni	73
8 - Dispensa dalle tasse e assegno di studio	75
Programmi delle materie di insegnamento	77
1 - Corso di Laurea in Ingegneria Civile	77
A) Biennio propedeutico, comune a tutte le Sezioni	77
B) Triennio di applicazione, materie comuni a tutte le Sezioni	90
C) Ingegneria Civile, sezione Edile	108
D) Ingegneria Civile, sezione Idraulica	135
E) Ingegneria Civile, sezione Trasporti	146
2 - Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica	152
3 - Corso di Laurea in Ingegneria Elettrotecnica	190
4 - Corso di Laurea in Ingegneria Chimica	220
5 - Corso di Laurea in Ingegneria Mineraria	254
6 - Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica	270
7 - Corso di Laurea in Ingegneria Nucleare	322

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 Ingegneria 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) calcolo numerico e programmazione;
- (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.

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;
- 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 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 nucleari;
 costruzioni per l'industria;
 difesa e conservazione del suolo;
 dinamica e controllo delle apparecchiature chimiche;
 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;
 progetti di strutture;

progetto termomeccanico del nocciolo;
 programmazione dello sviluppo e dell'assetto
 del territorio;
 proprietà fisiche e tecnologiche degli alti poli-
 meri;
 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);

Art. 150

La Facoltà annualmente stabilirà ed indi-
 cherà, 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 es-
 sere osservate.

tecnica ed organizzazione dei cantieri;
 tecniche di analisi territoriale;
 tecnologia chimica del inquinamento;
 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 dal-
 l'art. 147. Gli insegnamenti di cui al presente ar-
 ticolo così come quelli di cui agli artt. 146 e 147,
 potranno avere svolgimento diverso per i diversi
 corsi di laurea, sezioni e indirizzi.

Art. 151

L'esame di laurea consiste nella discussio-
 ne 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 presenta-
 ta 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 all'elettrotecnica.

Art. 385

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

Lo svolgimento degli insegnamenti è ac-

compagnato 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 nonninate 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 e 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'ammissione 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 (complessivamente 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 sa-

rà 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 FACOLTÀ' 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 del 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 degli studenti* è composta attualmente dai proff.: L. Pentimalli, Presidente (Ist. Chimico), G. Praitoni (Ist. Trasporti), C. Elmi (Ist. Scienze Minerarie), P.R. Ghigi (Ist. Elettrotecnica), A. Andrisano (Ist. Meccanica applicata alle macchine), G.M. Rancoita (Ist. Elettrotecnica), A. Gatta (Ist. Impianti chimici), T. Trombetti (Ist. Fisica del reattore e Tecnologie nucleari).

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: Artina, Merli, Pratelli; Ing. Meccanica: Medri, Pelloni, Pierfederici; Ing. Elettrotecnica: Simoni, Pezzi, Ing. Chimica: Chiorboli; Pentimalli, Santarelli; Ing. Mineraria: Ciancabilla, Mezzetti, Parentini; Ing. Elettronica: Calzolari, Carpaneto, Laschi, Tiberio; Ing. Nucleare: Trombetti, Ruggeri, 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
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

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

Disegno (Chimici)

Impianti nucleari

Impianti tecnici industriali

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

Misure meccaniche e termiche

Istituto di Meccanica applicata alle macchine

Meccanica applicata alle macchine

Meccanica delle macchine

Meccanica delle macchine e macchine

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
 Aerodinamica
 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

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

*Insegnamenti non annessi ad Istituti della Facoltà**Istituto di Geologia della Facoltà di Scienze*

Geologia

Litologia e geologia

Istituto di Mineralogia della Facoltà di Scienze

Mineralogia e petrografia

ELENCO DEGLI INSEGNAMENTI DELLA FACOLTA' a.a. 1983/84
 (equivalenze con insegnamenti del vecchio ordinamento sono riportate a pag. 30)
 L'attivazione dei corsi contrassegnati con (*) è subordinata al nulla-osta ministeriale

pag.

Biennio propedeutico

1349 ANALISI MATEMATICA I	(civili)	A. Malferrari	77
1350 ANALISI MATEMATICA I	(meccanici, elettrot., chimici, minerari, nucleari)	E. Obrecht	152
1352 ANALISI MATEMATICA I	(elettronici A-K)	L. Cerofolini	270
1352 ANALISI MATEMATICA I	(elettronici L-Z)	C. Ravaglia	270
1353 ANALISI MATEMATICA II	(civili)	S. Matarasso	78
1354 ANALISI MATEMATICA II	(meccanici, minerari)	G. Fanti	153
1355 ANALISI MATEMATICA II	(elettrot., chimici, nucleari)	L. Pezzoli	190
1356 ANALISI MATEMATICA II	(elettronici A-K)	P.L. Papini	271
1356 ANALISI MATEMATICA II	(elettronici L-Z)	B.R. Bellomo	271
6464 CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE (elettronici A-K)		R. Rossi	272
6464 CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE (elettronici L-Z) (nucleari)		P. Toth	272
1357 CHIMICA	(civili)	G. Milani	78
1358 CHIMICA	(meccanici, minerari)	L. Greci	154
1360 CHIMICA	(elettrot., chimici, nucleari)	P. Manaresi	222
1361 CHIMICA	(elettronici A-K)	F. Zignani	275
1361 CHIMICA	(elettronici L-Z)	B. Fortunato	275
92 CHIMICA APPLICATA	(meccanici, minerari)	V. Passalacqua	155
6792 CHIMICA APPLICATA	(chimici)	L. Pentimalli	224
148 CHIMICA ORGANICA	(chimici)	L. Marchetti	231
1362 DISEGNO	(civili)	V. Valeriani	79
1363 DISEGNO	(meccanici A-K, minerari)	G. Cantore	165
1363 DISEGNO	(meccanici L-Z)	A. Pareschi	165
1364 DISEGNO	(elettrotecnici, nucleari)	R. Bettocchi	197
4685 DISEGNO	(chimici)	G. Coli	234
1365 DISEGNO	(elettronici A-K)	F. Terragni	284
1365 DISEGNO	(elettronici L-Z)	A. Strozzi	284
3656 DISEGNO II	(08, ind. 1,2,6,7,8)	G. Praderio	80
3656 DISEGNO II	(08, ind. 3,4,5) (09) (10)	A. Pratelli	81
3781 DISEGNO II	(meccanici A-K, minerari)	G. Conti	166
3781 DISEGNO II	(meccanici L-Z)		
1366 FISICA I	(civili)	I. Massa	83
1367 FISICA I	(meccanici, minerari)	A. Vitale	169
1368 FISICA I	(elettrot., chimici, nucleari)	E. Verondini	203
1369 FISICA I	(elettronici A-K)	F. Verniani	295
1369 FISICA I	(elettronici L-Z)	G. Vannini	295
1370 FISICA II	(civili)	A. Bertin	84
1371 FISICA II	(meccanici, minerari)	P. Bassi	170
1373 FISICA II	(elettrot., chimici, nucleari)	F. Saporetto	204
1372 FISICA II	(elettronici A-K)	C. Moroni	296
1372 FISICA II	(elettronici L-Z)	A. Gandolfi	296

			<i>pag.</i>
406 FISICA ATOMICA	(nucleari)	A. Uguzzoni	335
1374 GEOMETRIA	(civili)	L. Molinari	85
1376 GEOMETRIA	(meccanici, minerari, elettrot., chimici, nucleari)	L. Cavaliere D'Oro	206
1377 GEOMETRIA	(elettronici)	M. Ferri	299
661 LITOLOGIA E GEOLOGIA	(civili)	G.C. Carloni	86
1378 MECCANICA RAZIONALE	(civili)	T.A. Ruggeri	87
1380 MECCANICA RAZIONALE	(meccanici, minerari, elettrot., chimici, nucleari)	M. Fabrizio	177
1381 MECCANICA RAZIONALE	(elettronici A-K)	P.P. Abbati Marescotti	303
1381 MECCANICA RAZIONALE	(elettronici L-Z)	C. Tebaldi	303
2004 METODI DI OSSERVAZIONE E MISURA	(elettronici, elettrot.)	F. Malaguti	304
5725 MINERALOGIA E PETROGRAFIA (minerari)		R. Mezzetti	263
5711 PROGRAMMAZIONE DEI CALCOLATORI ELETTRINICI	(elettrotecn.)	L. Ambrosini	192
1043 TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA	(civili)	L. Cini	88
1044 TECNOLOGIA DEI MATERIALI NUCLEARI (nucleari)		P. Strocchi	347

Triennio di applicazione

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

2006 ACQUEDOTTI E FOGNATURE (semestrale) (08)		P. Guerrini	108
5564 ACUSTICA APPLICATA E ILLUMINOTECNICA (08) (03)		R. Pompoli	108
02 AERODINAMICA (02) (09)			152
5801 ANALISI DEI SISTEMI DELL'INGEGNERIA CHIMICA (04)		G. Spadoni	220
4524 ANALISI NUMERICA (06)		A. Alliney	271
4117 ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI (02)		A. Freddi	154
5565 ANALISI STRUTTURALE CON L'ELABORATORE ELETTRONICO (08)		A. Tralli	110
2237 APPLICAZIONI INDUSTRIALI DELL'ELETTROTECNICA (03)		M. Loggini	191
50 ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA (08)		L. Lugli	111
3870 *ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA II (08)		G. Praderio	113
51 ARCHITETTURA TECNICA (08, ind. 1,2,6,7,8)		I. Tagliaventi	90
51 ARCHITETTURA TECNICA (08, ind. 3,4,5) (09) (10)		A.C. Dell'Acqua	91
54 ARTE MINERARIA (05)		D. Vitali	254
1679 AUTOMAZIONE E ORGANIZZAZIONE SANITARIA (06)		A. Gnudi	
3569 BIOAUTOMATICA (06)		E. Belardinelli	
3716 CALCOLATORI ELETTRONICI (06)		M. Boari	
81 CALCOLO DELLE MACCHINE ELETTRICHE (03)		A. Grande	191
6461 CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE (08)		S. Martello	114
6462 CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE (02) (04) (05)		A. Natali	221
5698 CAMPI ELETTROMAGNETICI E CIRCUITI I (06 A-K)		G.C. Corazza	274
5698 CAMPI ELETTROMAGNETICI E CIRCUITI I (06 L-Z)		V. Rizzoli	274
5699 CAMPI ELETTROMAGNETICI E CIRCUITI II (06)		M. Zoboli	275
85 CARATTERI DISTRIBUTIVI DEGLI EDIFICI (08)		G. Trebbi	115
86 CENTRALI ELETTRICHE (03)		N. Negrini	193
115 CHIMICA E TECNOLOGIA DEI PRODOTTI CERAMICI (04)		C. Palmonari	225
122 CHIMICA FISICA (04)		P. Chiorboli	226

6465	CHIMICA FISICA (per Elettronici) (06)	A. Desalvo	276
5693	CHIMICA FISICA DEI MATERIALI ELETTRICI (03)	F. Sandrolini	194
2046	CHIMICA FISICA DEI MATERIALI NUCLEARI (07)	D. Nobili	322
4123	CHIMICA FISICA DEI POLIMERI (04)	F. Pilati	228
137	CHIMICA INDUSTRIALE (04)	F. Magelli	229
4120	CICLI DI FABBRICAZIONE (02)	P. Bariani	157
6466	CICLO DEL COMBUSTIBILE NUCLEARE (07)	G. Cicognani	324
6467	CINETICA E CONTROLLO DEL REATTORE NUCLEARE (07)	P. Trombetti	325
6471	CODICI DI CALCOLO PER REATTORI NUCLEARI (07)	A. Chiarini	326
2826	COMBUSTIBILI NUCLEARI (07)	L. Bruzzi	327
2022	COMPLEMENTI DI COSTRUZIONE DI MACCHINE (02)	G. Medri	159
5797	COMPLEMENTI DI COSTRUZIONE DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI (08)	A. Bucchi	116
6805	COMPLEMENTI DI IDROLOGIA (09)	E. Todini	135
8076	*COMPLEMENTI DI IMPIANTI MECCANICI (02)	M. Gentilini	159
2018	COMPLEMENTI DI MACCHINE (02)	G. Minelli	160
4118	COMPLEMENTI DI MACCHINE ELETTRICHE (03)	G.M. Rancoita	195
189	COMPLEMENTI DI MATEMATICHE (06 A-K)	F. Rossi Tesi	277
189	COMPLEMENTI DI MATEMATICHE (06 L-Z)	G.C. Barozzi	277
6472	COMPLEMENTI DI MECCANICA APPLICATA (02)	U. Meneghetti	161
4122	COMPLEMENTI DI MISURE ELETTRICHE (03)	M. Gasparini	195
4127	COMPLEMENTI DI NEUTRONICA (07)	V. Molinari	328
2816	COMPLEMENTI DI SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (08)	F. Laudiero	117
2010	COMPLEMENTI DI TECNICA DELLE COSTRUZIONI (civili)	C. Ceccoli	91
1956	COMPLEMENTI DI TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI (10)	G. Foresti	146
2009	COMPLEMENTI DI TECNICA URBANISTICA (08) (10)	S. Casini	118
4179	COMUNICAZIONI ELETTRICHE I (06 A-K)	L. Calandrino	279
4179	COMUNICAZIONI ELETTRICHE I (06 L-Z)	G. Immovilli	279
5700	COMUNICAZIONI ELETTRICHE II (06)	G. Corazza	280
4125	CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI (09) (10) (05)	A. Bucchi	135
196	CONTROLLI AUTOMATICI (03) (07)	G. Marro	196
3694	CONTROLLI AUTOMATICI I (06 A-K)	E. Sarti	281
3694	CONTROLLI AUTOMATICI I (06 L-Z)	G. Bertoni	281
3695	CONTROLLI AUTOMATICI II (06)	M. Tibaldi	282
2015	CONTROLLI IDRAULICI E PNEUMATICI (09)	A. Rubatta	136
4126	CONTROLLO DEI PROCESSI (06)	C. Bonivento	283
2030	COSTRUZIONE DI APPARECCHIATURE CHIMICHE (04)	V. Dal Re	231
201	COSTRUZIONE DI MACCHINE (02)	G. Favretti	162
1384	COSTRUZIONE DI MACCHINE (07)	A. Strozzi	329
5798	COSTRUZIONE DI MACCHINE AUTOMATICHE (02)	G. Vassura	163
198	COSTRUZIONE DI PONTI (civili)	M. Merli	92
204	COSTRUZIONE DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI (civili)	P.V. Righi	93
199	COSTRUZIONI AERONAUTICHE (02) (10)	F. Persiani	164
205	COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE (03) (07)	B. Brunelli	197
206	COSTRUZIONI IDRAULICHE (09)	B. Poggi	136
2014	COSTRUZIONI MARITTIME E FLUVIALI (09)	F. Zoccoli	138
4053	*COSTRUZIONI METALLICHE	G. Matildi	120
4128	COSTRUZIONI NUCLEARI (07)	S. Curioni	331
5690	COSTRUZIONI PER L'INDUSTRIA (08) (03) (04)	C. Comani	121
4131	DIFESA E CONSERVAZIONE DEL SUOLO (08) (09) (05)	A. Bizzarri	139
6200	*DINAMICA DELLE STRUTTURE (08)	P.L. Sacchi	122
8545	DINAMICA E CONTROLLO DEI PROCESSI CHIMICI (04)	G. Pasquali	233

6468 DINAMICA E CONTROLLO DELLE MACCHINE A FLUIDO (02)	C. Bonacini	165
251 ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (03) (06)	D. Zanobetti	198
251 ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (02) (08)		167
4001 ELEMENTI DI ARCHITETTURA TECNICA (08)	G. Cuppini	124
6469 ELEMENTI DI INGEGNERIA DEL REATTORE NUCLEARE (07)	F. Pierantoni	332
270 ELETTRONICA APPLICATA (03)	V.A. Monaco	199
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	289
2037 ELETTRONICA INDUSTRIALE (06)	E. Faldella	290
271 ELETTRONICA NUCLEARE (07)	V.A. Monaco	333
2034 ELETTRONICA QUANTISTICA (06)	M. Rudan	291
275 ELETTRONICA (civili A-K) (05)	C. Tassoni	94
275 ELETTRONICA (civili L-Z)	R. Miglio	94
6794 ELETTRONICA (02)	E. Sacchetti	168
6793 ELETTRONICA (04) (05)	M.L. Ambrosini	235
8082 ELETTRONICA (07)	F. Negrini	333
277 ELETTRONICA I (03)	U. Reggiani	200
6795 ELETTRONICA I (06 A-K)	F. Ciampolini	292
6795 ELETTRONICA I (06 L-Z)	P.R. Ghigi	292
279 ELETTRONICA II (03)	R. Troili	201
6807 ELETTRONICA II (06)	U. Reggiani	294
5695 ESERCIZIO DELLE RETI ELETTRICHE DI ENERGIA (03)	G. Malaman	202
409 FISICA DEL REATTORE NUCLEARE (07)	V. Boffi	336
422 FISICA NUCLEARE (07)	V. Benzi	337
430 FISICA TECNICA (civili A-K) (05)	A. Cocchi	95
430 FISICA TECNICA (civili L-Z)	G. Raffellini	95
6796 FISICA TECNICA (02)	S. Salvigni	
6797 FISICA TECNICA (03) (04) (07)	E. Zanchini	205
6798 FISICA TECNICA (06 A-K)	G.S. Barozzi	297
6798 FISICA TECNICA (06 L-Z)	V. Tarabusi	297
447 FONDAMENTI DI ECONOMIA ED ESTIMO (08) (10)		96
5517 GENERATORI DI VAPORE (02)		171
454 GEOFISICA MINERARIA (05)	D. Postpischl	256
464 GEOLOGIA (05)	C. Elmi	257
2007 GEOTECNICA (semestrale) (civili) (05)	P.V. Righi	98
5573 GESTIONE DELL'INFORMAZIONE (06)	P. Tiberio	300
482 GIACIMENTI MINERARI (05)	G. Simboli	258
490 IDRAULICA (civili A-K) (05)	G.L. Bragadin	99
490 IDRAULICA (civili L-Z)	A. Rubatta	99
6799 IDRAULICA (02) (07)	A. Lamberti	172
6800 IDRAULICA (03)	G. Scarpi	207
5566 IDRAULICA FLUVIALE (09)	A. Lamberti	140
4135 IDROGEOLOGIA APPLICATA (semestrale) (05)	G. Brighenti	259
496 IDROLOGIA E IDROGRAFIA (09) (05)	P. Guerrini	141
501 IMPIANTI CHIMICI (04)	U. Lelli	237
502 IMPIANTI CHIMICI II (04)	A. Gatta	238
5843 IMPIANTI ELETTRICI (03)	M. Pezzi	207
504 IMPIANTI ELETTRICI (06)	D. Zanobetti	300

5691 IMPIANTI IDRAULICI (09)	F. Zoccoli	142
4134 IMPIANTI IDROELETTRICI E DI RIVALUTAZIONE DELL'ENERGIA (03)	P. Lamberti	208
515 IMPIANTI MECCANICI (02)	S. Fabbri	173
516 IMPIANTI MINERARI (05)	F. Ciancabilla	260
517 IMPIANTI NUCLEARI (07)	A. Sobrero	338
522 IMPIANTI TECNICI CIVILI (08)	E. Tartarini	124
6541 IMPIANTI TECNICI INDUSTRIALI (02)	O. Pierfederici	174
4138 LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE (06)	F. Bonfatti	301
4022 MACCHINE (02)	C. Bonacini	175
8074 MACCHINE (03)	S. Sandrolini	209
663 MACCHINE (04) (05)	P. Pelloni	240
4313 MACCHINE (07)	G. Negri di Montenegro	339
665 MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICI (07)	F. Negrini	340
666 MACCHINE ELETTRICHE (03)	B. Brunelli	210
670 MACCHINE UTENSILI (02)	O. Zurlo	175
5696 MATERIALI SPECIALI PER L'ELETTROTECNICA (03)	E. Goracci	211
687 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE (02)	E. Funaioli	177
8073 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE (03)	V. Parenti Castelli	211
1385 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE (04) (05)	E. Prati	240
688 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE E MACCHINE (civili)	G. Negri di Montenegro	99
690 MECCANICA DEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI (05) (09)	G.C. Borgia	261
2631 MECCANICA DELLE MACCHINE (07)	A. Maggiore	341
2632 MECCANICA DELLE MACCHINE E MACCHINE (06 A-K)	A. Andrisano	302
2632 MECCANICA DELLE MACCHINE E MACCHINE (06 L-Z)	G. Cantore	302
4114 MECCANICA DELLE ROCCE (05)	A. Paretini	262
2021 METALLURGIA E METALLOGRAFIA (04)	G. Poli	241
5701 METODI DI OTTIMIZZAZIONE (06)	P. Toth	306
5702 MICROELETTRONICA (06)	G. Soncini	307
2191 MICROONDE (06)	G. Falciaeseca	308
730 MISURA DELLE RADIAZIONI E PROTEZIONE (07)	P. Amadesi	342
731 MISURE E CONTROLLI NEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI (05)	G.L. Chierici	264
732 MISURE ELETTRICHE (03)	A. Burchiani	213
1386 MISURE ELETTRICHE (06 A-K)	M. Rinaldi	309
1386 MISURE ELETTRICHE (06 L-Z)	A. Menchetti	309
2013. MISURE E MODELLI IDRAULICI (09)	F. Lazzari	143
5697 MISURE E REGOLAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI (03)	D. Mirri	214
1140 MISURE MECCANICHE E TERMICHE (02)	G. Minelli	179
2020 ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE (02)	F. Giacomazzi	180
6937 PIANIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI MECCANICI (02)	A. Pareschi	181
5567 PIANIFICAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE (09)	E. Todini	144
805 PREPARAZIONE DEI MINERALI (05)	F. Ciancabilla	265
812 PRINCIPI DI DIRITTO (semestrale) (08)	M. Bernardini	126
814 PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA (04)	F. Santarelli	242
4641 PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA II (04)	F. Foraboschi	244
5804 PROBLEMI MATEMATICI DEI REATTORI NUCLEARI (07)	G. Spiga	344
5568 PROCESSI INDUSTRIALI APPLICATI ALL'EDILIZIA (08)	F. Nuti	126
816 PRODUZIONE E TRASPORTO DEGLI IDROCARBURI (05)	G. Gottardi	266
5799 PROGETTAZIONE ASSISTITA DI STRUTTURE MECCANICHE (02)	P.G. Molari	182

	<i>pag.</i>
5803 PROGETTAZIONE AUTOMATICA DEI CIRCUITI ELETTRONICI (06)	F. Filicori 310
8078 *PROGETTAZIONE URBANISTICA (08)	C. Porrino 128
818 PROGETTI DI MACCHINE (02)	G. Bartolozzi 183
8079 *PROGETTI PER LA RISTRUTTURAZIONE ED IL RISANAMENTO EDILIZIO (08)	129
5569 PROGRAMMAZIONE DELLO SVILUPPO E DELL'ASSETTO DEL TERRITORIO (08)	A. Corlaita 130
5802 PROPRIETA' TERMODINAMICHE E DI TRASPORTO (04)	G.C. Sarti 246
877 RADIOTECNICA (06)	G. Falciasacca 311
6806 REATTORI AVANZATI (07)	F. Premuda 345
5579 RETI LOGICHE	R. Laschi 312
884 RICERCA OPERATIVA (06) (10)	G. Carpaneto 313
2235 SCIENZA DEI MATERIALI (04)	F. Sandrolini 247
886 SCIENZA DEI METALLI (02)	G. Cammarota 183
890 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (civili A-K) (05)	M. Capurso 100
890 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (civili L-Z)	A. Cannarozzi 100
6801 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (02) (04) (07)	A. Di Tommaso 184
8075 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (03)	E. Viola 214
6802 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (06)	E. D'Anna 315
3980 SISTEMI PER L'ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE (06)	G. Neri 316
2038 STATISTICA APPLICATA (06)	A. Tonielli 317
5570 STORIA DELL'ARCHITETTURA E DELL'URBANISTICA (08)	R. Berardi 131
4152 STRUMENTAZIONE BIOMEDICA (06)	G. Avanzolini 317
1143 STRUMENTAZIONE CHIMICA (04)	L. Marchetti 248
2044 STRUMENTAZIONE ELETTRONICA (06)	C. Morandi 318
4146 STRUMENTAZIONE INDUSTRIALE (02)	S. Fabbri 185
6470 STRUMENTAZIONE E REGOLAZIONE DEGLI IMPIANTI NUCLEARI (07)	F. Cesari 346
5819 SVILUPPO E DISEGNO DEGLI IMPIANTI CHIMICI (04)	W. Neri 249
1019 TECNICA DEI SONDAGGI (05) (09)	G. Brighenti 267
2011 TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE (10) (08) (02) (03)	G. Praitoni 148
5705 TECNICA DELLA PROGETTAZIONE IDRAULICA (09)	S. Artina 145
4153 TECNICA DELLE ALTE TENSIONI (03)	G. Pattini 215
1026 TECNICA DELLE COSTRUZIONI (civili A-K) (05)	P. Pozzati 101
1026 TECNICA DELLE COSTRUZIONI (civili L-Z)	R. Alessi 101
2008 TECNICA DELLE FONDAZIONI (semestrale) (civili) (05)	M. Merli 103
1031 TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI (10) (08) (02) (03)	A. Orlandi 149
5572 TECNICA ED ORGANIZZAZIONE DEI CANTIERI (08)	F. Spina 132
1034 TECNICA URBANISTICA (08, ind. 1,2,6,7,8)	C. Monti 104
1034 TECNICA URBANISTICA (08, ind. 3,4,5) (09) (10)	G. Crocioni 104
5571 TECNICHE DI ANALISI TERRITORIALE (08)	P. Secondini 133
6529 TECNOLOGIA CHIMICA DEL DISINQUINAMENTO (04)	F. Foraboschi 251
2224 TECNOLOGIA DEI MATERIALI (02)	D. Veschi 186
1037 TECNOLOGIA MECCANICA (02)	F. Soavi 187
5574 TECNOLOGIE DEI SISTEMI DI CONTROLLO (06)	G. Marro 319
1046 TECNOLOGIE ELETTRICHE (03)	L. Simoni 216
2049 TECNOLOGIE GENERALI (07) (03) (04)	G. Favretti 349
4115 TEORIA DEI SISTEMI (06 A-K)	R. Guidorzi 320
4115 TEORIA DEI SISTEMI (06 L-Z)	S. Beghelli 320
6803 TEORIA DEI SISTEMI (07)	G. Basile 350
5692 TEORIA DEI SISTEMI E DEL CONTROLLO (civili)	G. Capitani Catelli 106
1142 TEORIA E SVILUPPO DEI PROCESSI CHIMICI (04)	C. Stramigioli 253

1059 TERMOTECNICA DEL REATTORE (07)	E. Lorenzini	351
1061 TOPOGRAFIA (08, ind. Territorio) (09) (10)	G. Folloni	107
1061 TOPOGRAFIA (08, ind. 1,2,5,6,7,8 A-K)	M. Unguendoli	107
1061 TOPOGRAFIA (08, ind. 1,2,5,6,7,8 L-Z)	A. Gubellini	107
6804 TOPOGRAFIA (05)	L. Pieri	268
1068 TRAZIONE ELETTRICA (03)	E. Masi	218
2016 TRAZIONE E PROPULSIONE (10) (02)	P. Camposano	188
8081 *TURBOMACCHINE (02)	R. Bettocchi	189

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
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
3695	Controlli automatici II	(4154)	Tecniche di controllo
5809	Elettronica applicata II	(4155)	Tecnica degli impulsi

(segue)

4314 Elettronica applicata III
5701 Metodi di ottimizzazione
5702 Microelettronica
2191 Microonde
5579 Reti logiche
884 Ricerca operativa

(2439) Elettronica applicata II
(4132) Elementi di analisi funzionale
(2039) Tecnologie dei semiconduttori
(2032) Tecnica delle microonde
(2041) Reti logiche e calcolatori elettronici
(2017) Teoria e tecnica della ricerca operativa

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1983-84

LEZIONI

a) *Insegnamenti a svolgimento intensivo*

Gli insegnamenti vengono impartiti in due cicli di lezioni:

I ciclo: dal 2 novembre 1983 all'11 febbraio 1984 (vacanze natalizie: 22 dicembre - 8 gennaio).

II ciclo: dal 12 marzo 1984 al 9 giugno 1984 (vacanze pasquali: 19-25 aprile 1984).

b) *Insegnamenti a svolgimento estensivo*

I anno: dal 2 novembre 1983 al 26 maggio 1984 (con 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

- 1) Sessione invernale a.a. 1982-83: 1 febbraio - 29 febbraio 1984 prorogabile fino al 31 marzo 1984.
- 2) Anticipo sessione estiva a.a. 1983-84: inizio 13 febbraio 1984 per gli esami delle materie del primo ciclo ed il giorno successivo al termine ufficiale della sessione invernale per gli esami in debito.
- 3) Sessione estiva a.a. 1983-84: inizio 11 giugno 1984, termine 23 luglio 1984.
- 4) Sessione autunnale a.a. 1983-84: si svolgerà secondo il calendario ufficiale dell'ateneo, con inizio il 20 settembre 1984 e termine non prorogabile il 15 dicembre 1984.
- 5) *Esami di laurea:* 1983: 14 dicembre
1984: 22 febbraio, 21 marzo, 27 giugno, 24 luglio, 25 ottobre.

Si fa notare che la sessione invernale ha termine inderogabilmente il 31 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 1983-84

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 1357 1362 1366 1374	Analisi matematica I Chimica Disegno Fisica I Geometria				
II anno	1353 3656 1370 661 1378 1043	Analisi matematica II Disegno II Fisica II Litologia e geologia Meccanica razionale Tecnologia dei materiali e chimica applicata				
III anno	430 890 1061	Fisica tecnica Scienza delle costruzioni Topografia	490	Idraulica	275	Elettrotecnica
Una materia dell'indirizzo di specializzazione scelto						
IV anno	51 1026 1034	Architettura tecnica Tecnica delle costruzioni Tecnica urbanistica	688	Meccanica applicata alle macchine e macchine	447	Fondamenti di economia ed estimo
Una materia dell'indirizzo di specializzazione scelto						
V anno	50 204	Architettura e composizione architettonica Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti				
Quattro materie dell'indirizzo di specializzazione scelto						
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE	1. Indirizzo Architettura A					
	85	Caratteri distributivi degli edifici (V)	5690	Costruzioni per l'industria (V)	5568	Processi industriali applicati alla edilizia (V)
	4001	Elementi di architettura tecnica (III)				
	522	Impianti tecnici civili (V)				
	5570	Storia dell'architettura e dell'urbanistica (IV)				
	8079	Progetti per la ristrutturazione ed il risanamento edilizio (V)*				
	3870	Architettura e composizione architettonica II (V)*				
	2. Indirizzo Architettura B					
	85	Caratteri distributivi degli edifici (V)			251	Economia e organizzazione aziendale (V)
	4001	Elementi di architettura tecnica (III)			5568	Processi industriali applicati alla edilizia (V)
5570	Storia dell'architettura e dell'urbanistica (IV)					
5572	Tecnica ed organizzazione dei cantieri (V)					
3870	Architettura e composizione architettonica II (V)*					

(*) L'attivazione del corso è subordinata alla concessione del nulla-osta ministeriale, non ancora pervenuto. (segue)

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1983-84

Anno di corso	CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE (SEZ. EDILE) - COD. 2008					
	Corsi a svolgimento estensivo			Corsi a svolgimento intensivo		
	N. cod.		N. cod.	I ciclo	N. cod.	II ciclo
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE	3. Indirizzo Territorio A					
	2009	Complementi di tecnica urbanistica (V)	4131	Difesa e conservazione del suolo (IV)	1956	Complementi di tecnica ed economia dei trasporti (V)
	5569	Programmazione dello sviluppo e dell'assetto del territorio (V)	5692	Teoria dei sistemi e del controllo (III)	2011	Tecnica della circolazione (V)
	5571	Tecniche di analisi territoriale (V)	1031	Tecnica ed economia dei trasporti (IV)		
	4. Indirizzo Territorio B					
	2009	Complementi di tecnica urbanistica (V)	812	Principi di diritto (sem.) (IV)	2006	Acquedotti e fognature (sem.) (IV)
	5569	Programmazione dello sviluppo e dell'assetto del territorio (V)	1031	Tecnica ed economia dei trasporti (IV)	1956	Complementi di tecnica ed economia dei trasporti (V)
	5571	Tecniche di analisi territoriale (V)	5692	Teoria dei sistemi e del controllo (III)	2011	Tecnica della circolazione (V)
	4146	Progettazione urbanistica (V)*				
	5. Indirizzo Architettura - Urbanistica					
	85	Caratteri distributivi degli edifici (V)			5568	Processi industriali applicati alla edilizia (V)
	2009	Complementi di tecnica urbanistica (V)				
	4001	Elementi di architettura tecnica (III)				
	5569	Programmazione dello sviluppo e dell'assetto del territorio (V)				
	5570	Storia dell'architettura e dell'urbanistica (IV)				
	8079	Progetti per la ristrutturazione ed il risanamento edilizio (V)*				
	3870	Architettura e composizione architettonica II (V)*				
	4146	Progettazione urbanistica (V)*				
	6. Indirizzo Costruzioni A					
	5565	Analisi strutturale con elaboratore elettronico (V)	2007	Geotecnica (sem.) (V)	2816	Complementi di Scienza delle costruzioni (IV)
	2010	Complementi di tecnica delle costruzioni (V)			6461	Calcolo numerico e programmazione (III)
	198	Costruzione di ponti (V)			2008	Tecnica delle fondazioni (sem.) (V)
					6200	Dinamica delle strutture (IV)*
	7. Indirizzo Costruzioni B					
	2010	Complementi di tecnica delle costruzioni (V)	2007	Geotecnica (sem.) (V)	2816	Complementi di Scienza delle costruzioni (IV)
	4001	Elementi di architettura tecnica (III)			5568	Processi industriali applicati alla edilizia (V)
	5572	Tecnica ed organizzazione dei cantieri (V)			2008	Tecnica delle fondazioni (sem.) (V)
	4053	Costruzioni metalliche (V)*			6200	Dinamica delle strutture (IV)*
8. Indirizzo Impianti						
2009	Complementi di tecnica urbanistica (V)	5564	Acustica applicata e illuminazione tecnica (V)	2006	Acquedotti e fognature (sem.) (IV)	
4001	Elementi di architettura tecnica (III)	812	Principi di diritto (sem.) (IV)			
522	Impianti tecnici civili (V)					
5572	Tecnica ed organizzazione dei cantieri (V)					

- 1) Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità per ciascun piano di studi.
 - 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 notifiche al presente piano di studi qualora si rendesse necessario in conseguenza dell'applicazione del D.P.R. 11.7.1980, n. 382.
 - 4) Due insegnamenti semestrali sono equivalenti ad un insegnamento annuale.
- (*) L'attivazione del corso è subordinata alla concessione del nulla-osta ministeriale, non ancora pervenuto.

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1983-84

Anno di corso	CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE (SEZ. IDRAULICA) - COD. 2009					
	Corsi a svolgimento estensivo			Corsi a svolgimento intensivo		
	N. cod.		N. cod.	I ciclo	N. cod.	II ciclo
I anno	1349 1357 1362 1366 1374	Analisi matematica I Chimica Disegno Fisica I Geometria				
II anno	1353 3656 1370 661 1378 1043	Analisi matematica II Disegno II Fisica II Litologia e geologia Meccanica razionale Tecnologia dei materiali e chimica applicata				
III anno	430 890 1061	Fisica tecnica Scienza delle costruzioni Topografia	490 496	Idraulica Idrologia e idrografia	275	Elettrotecnica
IV anno	51 206 1026	Architettura tecnica Costruzioni idrauliche Tecnica delle costruzioni	688	Meccanica applicata alle macchine e macchine		
Due materie annuali dell'indirizzo di specializzazione scelto**						
V anno	204 5691 5705	Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti Impianti idraulici Tecnica della progettazione idraulica				
Tre materie dell'indirizzo di specializzazione scelto						
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE	2010 198 2014	Complementi di tecnica delle costruzioni (V) Costruzione di ponti (V) Costruzioni marittime e fluviali (IV)	4131 2007	Difesa e conservazione del suolo (V) Geotecnica (sem.) (IV)	2008	Tecnica delle fondazioni (sem.) (IV)
			2. Indirizzo Idraulica Teorica			
			2015 690 2013	Controlli idraulici e pneumatici (V) Meccanica dei giacimenti di idrocarburi (IV) Misure e modelli idraulici (V)	-2 5566	Aerodinamica (V) Idraulica fluviale (IV)
			3. Indirizzo Impiantistico			
	522	Impianti tecnici civili (V)	2015 2013 1019	Controlli idraulici e pneumatici (V) Misure e modelli idraulici (V) Tecnica dei sondaggi (IV)	5566	Idraulica fluviale (IV)
			4. Indirizzo Territorio			
	5569	Programmazione dello sviluppo e dell'assetto del territorio (V)	6805 4125 4131 5692	Complementi di idrologia (V) Consolidamento dei terreni (IV) Difesa e conservazione del suolo (V) Teoria dei sistemi e del controllo (IV)	5567	Pianificazione delle risorse idriche (V)

- Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità per ciascun piano di studi.
 - I numeri romani fra parentesi indicano l'anno o gli anni di corso in cui l'insegnamento può essere inserito nel piano di studi.
 - 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 1982-83

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE EDILE (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 1357 1362 1366 1374	Analisi matematica I Chimica Disegno Fisica I Geometria				
II anno	1353 3656 1370 661 1378 1043	Analisi matematica II Disegno II Fisica II Litologia e geologia Meccanica razionale Tecnologia dei materiali e chimica applicata				
III anno	430 890 *061	Fisica tecnica Scienza delle costruzioni Topografia	490	Idraulica	275	Elettrotecnica
Una materia dell'indirizzo di specializzazione scelto						
IV anno	51 1026 1034	Architettura tecnica Tecnica delle costruzioni Tecnica urbanistica	688 1031	Meccanica applicata alle macchine e macchine Tecnica ed economia dei trasporti	447	Fondamenti di economia ed estimo
Può essere anticipata una materia dell'indirizzo di specializzazione scelto						
V anno	198 204	Costruzione di ponti Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti				
Quattro materie dell'indirizzo di specializzazione scelto						
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE	2010	Complementi di tecnica delle costruzioni (V)	4125	Consolidamento dei terreni (V) Geotecnica (sem.) (V) Teoria dei sistemi e del controllo (III)	5797	Complementi di costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti (V) Complementi di tecnica ed economia dei trasporti (V) Tecnica delle fondazioni (sem.) (V)
			2007		1956	
			5692		2008	
	2009	Complementi di tecnica urbanistica (V)	5692	Teoria dei sistemi e del controllo (III)	1956	Complementi di tecnica ed economia dei trasporti (V) Tecnica della circolazione (V)
			2014		2011	
	2014	Costruzioni marittime e fluviali (V)	199	Costruzioni aeronautiche (V) Teoria dei sistemi e del controllo (III) Trazione e propulsione (V)	1956	Complementi di tecnica ed economia dei trasporti (V) Tecnica della circolazione (V)
			5692		2011	
			2016			

- 1) Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità per ciascun piano di studi.
- 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.
- 4) Due insegnamenti semestrali sono equivalenti ad uno annuale.

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1983-84

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 1358 1363 1367 1375	Analisi matematica I Chimica Disegno Fisica I Geometria				
II anno	1354 92 3781 1371 1379	Analisi matematica II Chimica applicata Disegno II Fisica II Meccanica razionale				
III anno			6794 6796 6799	Elettrotecnica Fisica tecnica Idraulica	687 6801 1037	Meccanica applicata alle macchine Scienza delle costruzioni Tecnologia meccanica
IV anno			201 1140	Costruzione di macchine Misure meccaniche e termiche	251 4022 670	Economia ed organizzazione aziendale Macchine Macchine utensili
Una materia dell'indirizzo di specializzazione scelto						
V anno			2018 515 818	Complementi di macchine Impianti meccanici Progetti di macchine	6468	Dinamica e controllo delle macchine a fluido
Tre materie dell'indirizzo di specializzazione scelto						
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE	1. Indirizzo di progettazione costruttiva					
			6462 199 2224	Calcolo numerico e progr. (IV) Costruzioni aeronautiche (V) Tecnologia dei materiali (IV)	4117 2022 5798	Analisi sperimentale delle tensioni (V) Complementi di costruzione di macchine (IV) Costruzione di macchine automatiche (V)
					6472 5799	Complementi di meccanica applicata (V) Progettazione assistita di strutture meccaniche (V)
	2. Indirizzo Impiantistico					
			6462 2020	Calcolo numerico e progr. (IV anno) Organizzazione della produzione (V anno)	8076 6541 6937	Complementi di impianti meccanici (V) Impianti tecnici industriali (V) Pianificazione degli impianti meccanici (V)
					4146	Strumentazione industriale (V)
	3. Indirizzo Tecnologico - Organizzativo					
			6462 4120 2020	Calcolo numerico e progr. (IV) Cicli di fabbricazione (V) Organizzazione della produzione (V)	4117 5798	Analisi sperimentale delle tensioni (V) Costruzione di macchine automatiche (V)
			886 2224	Scienza dei metalli (IV) Tecnologia dei materiali (IV)		
	4. Indirizzo Trasporti					
			6462 199 1031 2016	Calcolo numerico e progr. (IV anno) Costruzioni aeronautiche (V anno) Tecnica ed economia dei trasporti (IV anno) Trazione e propulsione (V anno)		
					02 2011	Aerodinamica (IV anno) Tecnica della circolazione (V anno)
	5. Indirizzo di progettazione termofluidodinamica					
			6462 2016	Calcolo numerico e progr. (IV) Trazione e propulsione (V)	2 5517 8081	Aerodinamica (IV) Generatori di vapore (V) Turbomacchine (V)*

- 1) Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità per ciascun piano di studi.
 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.
 (*) L'attivazione del corso è subordinata alla concessione del nulla-osta ministeriale, non ancora pervenuto.

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1983-84

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	1351 1359 1364 1368 1376	Analisi matematica I Chimica Disegno Fisica I Geometria				
II anno	1355 1373 1380	Analisi matematica II Fisica II Meccanica razionale			2004 5711	Metodi di osservazione e misura (2) Programmazione dei calcolatori elettronici (3)
III anno			277 6797 8075	Elettrotecnica I Fisica tecnica Scienza delle costruzioni	279 8073 6800	Elettrotecnica II Meccanica applicata alle macchine Idraulica
IV anno			196 5694 270 666	Controlli automatici Economia dell'ingegneria (5) Elettronica applicata Macchine elettriche	5843 8074 732	Impianti elettrici Macchine Misure elettriche
V anno			1046	Tecnologie elettriche		
Cinque materie dell'indirizzo di specializzazione scelto						
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE	1. Indirizzo Macchine Elettriche					
			4122	Complem. di misure elettriche	2237	Applicazioni industriali dell'elettrotecnica
			5695	Esercizio delle reti elettriche di energia	81	Calcolo delle macchine elettriche (*)
			5697	Misure e regolazione degli impianti elettrici	4118 205 1068	Complem. di macchine elettriche Costruzioni elettromeccaniche Trazione elettrica
	2. Indirizzo Impianti Elettrici					
			5564	Acustica applicata e illuminotecnica	2237	Applicazioni industriali dell'elettrotecnica (*)
			86	Centrali elettriche	4153	Tecnica delle alte tensioni
			4122	Complem. di misure elettriche		
			5690	Costruzioni per l'industria		
			5695	Esercizio delle reti elettriche di energia (*)		
			4134	Impianti idroelettrici e di rivalutazione dell'energia		
			5697	Misure e regolazione degli impianti elettrici		
	3. Indirizzo Tecnologie Elettriche					
			5564	Acustica applicata e illuminotecnica	2237	Applicazioni industriali dell'elettrotecnica
			5693	Chimica fisica dei materiali elettrici (*)	205	Costruzioni elettromeccaniche
			5695	Esercizio delle reti elettriche di energia	5697	Materiali spec. per l'elettrotecnica
				4153	Misure e regolazione degli impianti elettrici	
				2049	Tecnica delle alte tensioni (*)	
					Tecnologie generali	
4. Indirizzo Trasporti						
		5695	Esercizio delle reti elettriche di energia	2237	Applicazioni industriali dell'elettrotecnica	
		5697	Misure e regolazione degli impianti elettrici	81	Calcolo delle macchine elettriche	
		1031	Tecnica ed economia dei trasporti (*)	2011 1068	Costruzioni elettromeccaniche Tecnica della circolazione Trazione elettrica (*)	

1) Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità per ciascun piano di studi.

2) Sostituibile a tutti gli effetti da "(5693) Chimica fisica dei materiali elettrici" I ciclo.

3) Sostituito ad ogni effetto da "(4501) Calcolo numerico e programmazione".

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 1983-84

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	1351 1360 4685 1368 1376	Analisi matematica I Chimica Disegno Fisica I Geometria				
II anno	1355 6792 148 1373 1380	Analisi matematica II Chimica applicata Chimica organica Fisica II Meccanica razionale				
III anno			6462 6793 6797	Calcolo numerico e program. Elettrotecnica Fisica tecnica	122 814 6801	Chimica fisica Principi di ingegneria chimica Scienza delle costruzioni
IV anno			4641 2235	Principi di ingegneria chimica II Scienza dei materiali	501 663 1385 6801	Impianti chimici Macchine Meccanica applicata alle macchine* Scienza delle costruzioni**
Due materie dell'indirizzo di specializzazione scelto						
V anno			137 502 1143	Chimica industriale Impianti chimici II Strumentazione chimica		
Tre materie dell'indirizzo di specializzazione scelto						
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE	1. Indirizzo Materiali					
			2021	Metallurgia e metallografia (IV anno)	115 4123 2030 5802 2049	Chimica e tecnologia dei prodotti ceramici (V anno) Chimica fisica dei polimeri (V anno) Costruzione di apparecchiature chimiche (V anno) Proprietà termodinamiche e di trasporto (IV anno) Tecnologie generali (IV anno)
	2. Indirizzo Processi					
			8545 1142	Dinamica e controllo dei processi chimici (V) Teoria e sviluppo dei processi chimici (IV)	5801 5802 5819 6529 2049	Analisi dei sistemi dell'ingegneria chimica (V) Proprietà termodinamiche e di trasporto (IV) Sviluppo e disegno degli impianti chimici (V) Tecnologia chimica del disinquinamento (V)
	3. Indirizzo Costruzioni - Impianti					
			5690 1142	Costruzioni per l'industria (V) Teoria e sviluppo dei processi chimici (IV)	2030 5819 2049 6529	Costruzione di apparecchiature chimiche (V anno) Sviluppo e disegno degli impianti chimici (V anno) Tecnologie generali (IV) Tecnologia chimica del disinquinamento (V)

- Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità per ciascun piano di studi.
 - I numeri romani fra parentesi indicano l'anno o gli anni di corso in cui l'insegnamento può essere inserito nel piano di studi.
 - 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 coloro che non hanno frequentato tale insegnamento al III anno.
** Solo per l'anno accademico 1983-84.

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1983-84

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 1358 1363 1367 1374	Analisi matematica I Chimica Disegno Fisica I Geometria				
II anno	1354 3781 1371 1378 5725 92	Analisi matematica II Disegno II Fisica II Meccanica razionale Mineralogia e petrografia Chimica applicata				
III anno	430 890	Fisica tecnica Scienza delle costruzioni	275	Elettrotecnica	464 1385	Geologia Meccanica applicata alle macchine
IV anno			454 490 4114	Geofisica mineraria Idraulica Meccanica delle rocce	54 482 663	Arte mineraria Giacimenti minerali Macchine
Una materia annuale dell'indirizzo di specializzazione scelto (1)						
V anno			690 1019	Meccanica dei giacimenti di idrocarburi Tecnica dei sondaggi	6804	Topografia
Tre materie annuali dell'indirizzo di specializzazione scelto (1) (2)						
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE				1. Indirizzo Miniere e Cave		
			4125 2007 4135 516	Consolidamento dei terreni (V) Geotecnica (sem.) (IV) Idrogeologia applicata (sem.) (IV) Impianti minerali (V)	805	Preparazione dei minerali (V anno)
				2. Indirizzo Idrocarburi e Fluidi del sottosuolo		
			6462 2007 4135	Calcolo numerico e programmazione (V) Geotecnica (sem.) (IV) Idrogeologia applicata (sem.) (IV)	731 816	Misure e controlli nei giacimenti di idrocarburi (V anno) Produzione e trasporto degli idrocarburi (V anno)
				3. Indirizzo Costruttivo		
	1026	Tecnica delle costruzioni (IV anno)	6462 4125 2007	Calcolo numerico e programmazione (V anno) Consolidamento dei terreni (V anno) Geotecnica (sem.) (V anno)	2008	Tecnica delle fondazioni (sem.) (V anno)
				4. Indirizzo Difesa e Conservazione del suolo		
			4125 4131 2007 4135 496	Consolidamento dei terreni (V) Difesa e conservazione del suolo (V) Geotecnica (sem.) (IV) Idrogeologia applicata (sem.) (IV) Idrologia e idrografia (V)		

- 1) Due insegnamenti semestrali sono equivalenti ad un insegnamento annuale.
- 2) Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità per ciascun piano di studi.
- 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 1983-84

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	II ciclo		
I anno	1365	Disegno	1352 1361	Analisi matematica I Chimica	1369 1377	Fisica I Geometria	
II anno			1356 1372	Analisi matematica II Fisica II	6464 1381 2004	Calcolo numerico e programmazione Meccanica razionale Metodi di osservazione e misura	
III anno			189 6795 6798	Complementi di matematiche Elettrotecnica I Fisica tecnica	2438 6802 4115	Elettronica applicata I Scienza delle costruzioni Teoria dei sistemi	
IV anno			5698 4179 5579	Campi elettromagnetici e circuiti I Comunicazione elettriche I Reti logiche	3694 5809	Controlli automatici I Elettronica applicata II (già Tecnica degli impulsi)	
Una o due materie dell'indirizzo di specializzazione scelto (1)							
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 (1)							
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 (IV)	
			5702	*Microelettronica (V)	2037	Elettronica industriale (V)	
					5803	Progettazione automatica dei circuiti elettronici (V)	
					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)	
			1048	Tecnologie elettroniche (V) (2)	5803	Progettazione automatica dei circuiti elettronici (V)	
					3980	Sistemi per l'elaborazione della 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)	
		5701	Metodi di ottimizzazione (V)	6878	Elettrotecnica II (V)		
		884	Ricerca operativa (V)	504	Impianti elettrici (V)		
		5574	Tecnologie dei sistemi di controllo (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)	3980	Sistemi per l'elaborazione della informazione (IV)		
		4126	Controllo dei processi (V)	4152	Strumentazione biomedica (V)		
		5701	Metodi di ottimizzazione (V)				
		884	Ricerca operativa (V)				
		2038	Statistica applicata (V)				
5. Indirizzo Informatica			4524	Analisi numerica (V)	3716	*Calcolatori elettronici (V)	
		4126	Controllo dei processi (V)	4314	Elettronica applic. 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) Sono contrassegnati con * gli insegnamenti che caratterizzano ciascun indirizzo. I numeri romani fra parentesi indicano l'anno o gli anni di corso in cui l'insegnamento può essere inserito nel piano di studi. Il numero di insegnamenti di indirizzo da inserire è determinato dal numero complessivo di insegnamenti che è 29 per ciascun piano di studi.
- 2) Sostituito a tutti gli effetti per il corrente a.a. dall'insegnamento di "Microelettronica".
- La Facoltà si riserva di apportare modifiche al presente piano di studi qualora si rendesse necessario in conseguenza della applicazione del D.P.R. 11.7.1980 n. 382.

PIANO DI STUDI PER L'ANNO ACCADEMICO 1983-84

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	1351 1359 1364 1368 1376	Analisi matematica I Chimica Disegno Fisica I Geometria				
II anno	1355 1373 406 1380	Analisi matematica II Fisica II Fisica atomica Meccanica razionale				
Una materia dell'indirizzo di specializzazione scelto						
III anno			8082 422 6797	Elettrotecnica Fisica nucleare Fisica tecnica	2631 5804 6801	Meccanica delle macchine Problemi matematici dei reattori nucleari Scienza delle costruzioni
Una materia dell'indirizzo di specializzazione scelto						
IV anno			6467 409	Cinetica e controllo del reattore nucleare Fisica del reattore nucleare	271 4313	Elettronica nucleare Macchine
Due materie dell'indirizzo di specializzazione scelto						
V anno			517 1059	Impianti nucleari Termotecnica del reattore	6469 730	Elementi di ingegneria del reattore nucleare Misura delle radiazioni e protezioni
Due materie dell'indirizzo di specializzazione scelto						
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE	1. Indirizzo Impianti					
	6471 196 4128 6799 6470	Codici di calcolo per reattori nucleari (V) Controlli automatici (IV) Costruzioni nucleari (V) Idraulica (III) Strumentazione e regolazione degli impianti nucleari (V)	6464 1384 205 665 1044 2049 6803	Calcolo numerico e programmazione (II) Costruzione di macchine (IV) Costruzioni elettromeccaniche (V) Macchine ed impianti elettrici (IV) Tecnologia dei materiali nucleari (II) Tecnologie generali (V) Teoria dei sistemi (III)		
INDIRIZZI DI SPECIALIZZAZIONE	2. Indirizzo Neutronico Combustibile					
	2046 6471 4127 4128 6799 6470	Chimica fisica dei materiali nucleari (IV) Codici di calcolo per reattori nucleari (V) Complem. di neutronica (IV) Costruzioni nucleari (V) Idraulica (III) Strumentazione e regolazione degli impianti nucleari (V)	6464 6466 2826 6806 1044 6803	Calcolo numerico e programmazione (II) Ciclo del combustibile nucleare (V) Combustibili nucleari (IV) Reattori avanzati (V) Tecnologia dei materiali nucleari (II) Teoria dei sistemi (III)		

- 1) Il numero complessivo degli insegnamenti è di 29 annualità per ciascun piano di studi.
- 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 quindici indirizzi in appresso indicati:

1. *Sezione Edile*

Indirizzo Architettura

I gruppi di materie degli indirizzi *Architettura A* e *Architettura B* studiano, a livello teorico e applicativo, il processo di progettazione globale dell'oggetto edilizio-architettonico riguardo ai suoi caratteri specifici tecnologici, formali, economici, statici, pratici, e alla sua integrazione nell'ambiente. In particolare, la progettazione concerne gli aspetti d'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 consiste nella più accentuata attenzione ai problemi impiantistici e delle costruzioni per l'industria da parte dell'indirizzo "A" e a quelli dell'economia, dell'attività cantieristica, dei modelli operativi, da parte dell'indirizzo "B".

Indirizzo 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 di organizzazione complessiva del territorio, mentre nell'indirizzo "B" vengono più specificamente trattati gli aspetti relativi alla pianificazione delle reti infrastrutturali.

Indirizzo Architettura-Urbanistica

I gruppi di materie dell'indirizzo *Architettura-Urbanistica* trattano l'arco complessivo dei problemi di pianificazione del territorio e di progettazione e inserimento nell'ambiente sia degli oggetti sia dei sistemi edilizi.

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 terrestri, 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 terrestri, marittimo e aereo ("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 attualmente articolato in cinque indirizzi.

Gli insegnamenti sono 29, di cui 25 obbligatori, gli stessi per tutti gli indirizzi, e 4 a scelta che caratterizzano uno degli indirizzi previsti dal Piano degli Studi oppure un indirizzo proposto dallo studente nell'ambito della Legge 910.

Indirizzo di Progettazione costruttiva

Gli insegnamenti dell'indirizzo costruttivo offrono allo studente possibilità di approfondimento delle conoscenze sui materiali, sul calcolo e sull'analisi sperimentale degli stati di tensione, sui criteri di progettazione, ai fini di una più precisa valutazione della affidabilità degli organi delle macchine e delle strutture meccaniche.

Indirizzo Impiantistico

Gli insegnamenti di questo indirizzo, di recente attivazione, affrontano problemi specifici di progettazione, di organizzazione e di conduzione di impianti meccanici e termici sia sotto l'aspetto tecnico che economico.

Indirizzo Tecnologico-organizzativo

Gli insegnamenti di questo indirizzo sono volti a completare la preparazione dello studente nel campo di processi di produzione, delle tecnologie di lavorazione e dei criteri di impiego dei materiali metallici e delle materie plastiche. Offrono inoltre possibilità di approfondimento delle conoscenze sui cicli di fabbricazione e sulla organizzazione della produzione.

Indirizzo Trasporti

Gli insegnamenti di questo indirizzo trattano i problemi relativi alla concezione, progettazione e utilizzazione dei mezzi di trasporto terrestri ed aerei. Vengono trattati anche gli aspetti organizzativi e di pianificazione dei sistemi di trasporto nonché le tecniche di circolazione.

Indirizzo di Progettazione termofluidodinamica

L'indirizzo si propone di approfondire le conoscenze relative ad alcuni tipi di macchine a fluidomotrici ed operatrici con particolare riguardo ai fenomeni termo-

fluidodinamici rilevanti per la loro progettazione funzionale, per la previsione delle loro prestazioni in condizioni di progetto e fuori progetto e per l'identificazione dei loro campi di impiego.

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 compre-

si 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 monocolore, 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 (Cagliari, 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, eduazione 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 comples-

si 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 desidera 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 desidera 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. Così, 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 interfacce 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. 82-83. Studenti (in complesso) per Facoltà, Corso di Laurea, anno di Laurea, anno di Corso e Sesso
Facoltà di Ingegneria

	PRIMO		SECONDO		TERZO		QUARTO		QUINTO		FUORIC.		TOTALE		
	MF.	F.	MF.	F.	MF.	F.	MF.	F.	MF.	F.	MF.	F.	MF.	F.	
02	142	2	75	2	150	3	123	1	148	3	425	5	1063	16	
03	33	1	30		36	1	35	2	36	1	139	3	309	8	
04	19	2	15	3	27		32	3	26	3	99	8	218	19	
05	17	2	13		28	4	9	1	16		41		124	7	
06	386	26	248	19	262	20	207	15	225	14	701	25	2029	119	
07	35	2	33	1	35	2	38		31	2	130	10	302	17	
08	206	22	174	22	174	16	171	12	194	22	614	64	1533	158	
09	19	1	11		18		13	1	21	2	70	3	152	7	
10	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

B) Numero di studenti (in complesso) iscritti nell'a. 1981/82 per Corso di Laurea, Anno di Corso e Sesso
 Facoltà di Ingegneria

	PRIMO		SECONDO		TERZO		QUARTO		QUINTO		FUORI C.		TOTALE		
	MF.	F.	MF.	F.	MF.	F.	MF.	F.	MF.	F.	MF.	F.	MF.	F.	
02	177	2	151	1	188		179	4	136	3	425		1256	10	
03	46	2	24	1	65	3	47		78	1	153	4	413	11	
04	39	2	30	4	68	7	41	4	55	1	137	3	370	21	
05	12	2	14		29	1	18	1	14		28		115	4	
06	278	16	265	12	298	12	289	14	247	6	663	13	2040	73	
07	49	4	47	3	85	3	60	2	66		135	7	442	19	
08	217	14	201	24	306	33	206	21	215	10	499	23	1644	125	
09	22	2	23	2	49	2	32	1	18	2	55	1	199	10	
10	20	2	24	1	34	2	27	1	42	1	70	5	217	12	
Totali Facoltà		860	46	779	48	1122	63	899	48	871	24	2165	56	6696	285

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

Anno Accademico Corsi di Laurea	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82
Ing. Meccanica	194	180	155	118	143
Elettrotecnica	73	51	56	49	72
Chimica	67	45	40	58	39
Mineraria	14	14	10	19	11
Elettronica	231	196	221	198	215
Nucleare	36	38	50	63	45
Civile Edile	204	232	203	162	185
Civile Idraulica	24	14	24	18	24
Civile Trasporti	51	35	29	23	21
Totale Laureati Ingegneria	894	805	788	708	755

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 1982/83 un certificato in carta legale degli studi compiuti⁽¹⁾, non, però, **copia notarile del diploma. Il cer-**

tificato 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);

2°) Diploma originale di studi medi prescritto dalle vigenti disposizioni per l'ammissione al corso di laurea che il richiedente intende seguire, ovvero, un certificato(*) che dovrà essere sostituito nel corso dello stesso anno accademico e — comunque — prima degli esami, con il titolo originale. I diplomati anteriormente al 1982/83 *debbono* presentare esclusivamente il diploma originale. La stessa norma vale per coloro che intendono conseguire altra laurea.

3°) 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.

4°) Tre fotografie, formato tessere su fondo bianco, una delle quali applicata su carta legale e autenticata dall'autorità competente.

5°) 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.

(*) 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 1983/84.

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 anno 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.

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 del diploma di laurea;
- 3) Ricevuta del pagamento di L. 3.000 (soprattassa esame di laurea), L. 4500 (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. 8/53000 intestato al 1° Ufficio I.G.E. tasse scolastiche Roma, presso un Ufficio postale. Coloro che hanno ottenuto il presalario sono tenuti al pagamento del solo *contributo di pergamena* (L. 10.000);
- 5) Tagliando rilasciato dalla Biblioteca Universitaria (Via Zamboni, 35);

- 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 1983/84, 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 iscritto 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 svolta 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
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 Chimica applicata. Per il Corso di Laurea in Ingegneria Chimica la convalida dell'esame è subordinata al programma svolto nella Sede di provenienza.

(2) Gli iscritti al Corso di Laurea in Ingegneria Chimica dovranno sostenere una prova integrativa di "Disegno di Impianti chimici" da superare prima degli esami del II ciclo.

(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.

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.

Le decisioni delle Facoltà relative ai piani di studio autonomi vengono noti-

ficcate 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 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 criterio 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.

b) Corso di Laurea in Ingegneria Chimica

1 - Non è consentita la sostituzione di materie di categoria *a* (obbligatorie sul piano nazionale).

2 - Gli indirizzi di specializzazione consigliati sono costituiti da blocchi omogenei di materie, come indicato nel piano ufficiale degli studi. In caso diverso, un indirizzo scelto è individuato da almeno tre materie dell'indirizzo stesso, che dovranno essere inserite nel piano individuale degli studi.

3 - 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 criterio di massima di ritenere accettabili le sostituzioni che portino ad introdurre nel piano degli studi un gruppo omogeneo di materie che lo caratterizzino), ed alla approvazione del Consiglio di Corso di Laurea.

c) 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.

(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.

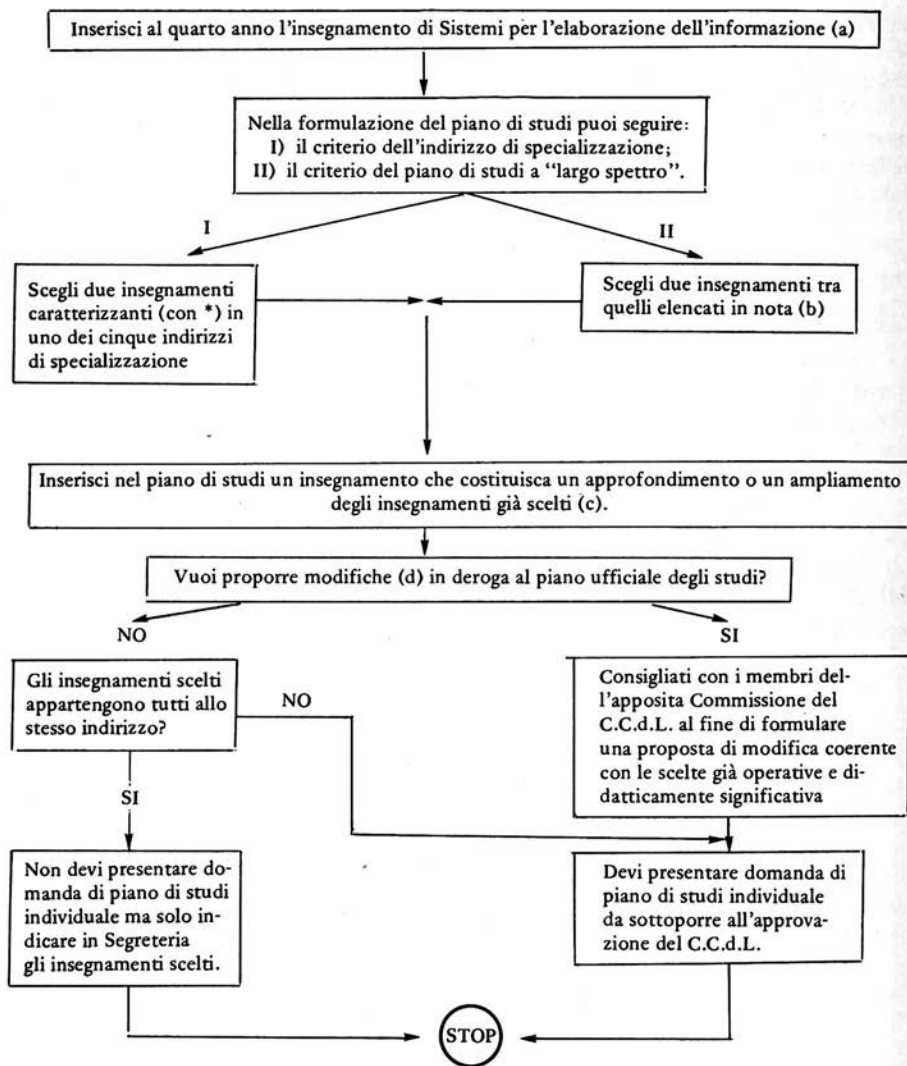


Figura 1

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	5	5	6	6	7
Elettrotecnica	5	5	6	7	6
Chimica	5	5	6	7	6
Mineraria	5	6	5	7**	6*
Elettronica in alternativa	5 5	5 5	6 6	6 7	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.

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 febbraio 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.

Per gli studenti del 3° e 4° anno di corso, due esami del 1° ciclo, superati entro il 31 marzo, possono essere equiparati ad altrettanti esami dell'anno precedente.

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: Angelo Malferrari prof. inc. stab.

Programma

Elementi della teoria degli insiemi. L'insieme vuoto. Coppie e prodotti cartesiani. Funzioni: funzioni composte e funzioni inverse. Relazioni d'ordine e di equivalenze. Cenni sulla potenza degli insiemi.

Sottinsiemi della retta reale \mathbb{R} . Intervalli. Confini inferiore e superiore. Punti interni, esterni, di frontiera. Punti di accumulazione e isolati. Insiemi aperti e chiusi. Teorema di Borel. Teorema di Bolzano-Weierstrass.

Successioni di numeri reali. Limiti. Successioni monotone. Teorema di Cauchy. Il numero e .

Funzioni definite in parti di \mathbb{R} e a valori in \mathbb{R} . Continuità. Teoremi di Weierstrass e del valore intermedio. Uniforme continuità. Teorema di Heine-Cantor. Limiti. Derivate e differenziali. Teorema del valor medio e funzioni a derivata nulla. Formula di Taylor. Massimi e minimi. Disegni di funzioni.

Integrali di funzioni reali definite su intervalli chiusi e limitati di \mathbb{R} . Funzioni integrali. Teorema fondamentale del Calcolo Integrale. Integrazione per sostituzione e per parti. Il problema di Cauchy per alcune semplici equazioni differenziali ($y' = f$, $y'' = f$, $y' + ay = f$, $y'' + ay' = f$).

Il corpo \mathbb{C} dei numeri complessi. Radici n -esime. Cenni sui polinomi a coefficienti in \mathbb{C} .

Testo consigliato:

Appunti di *Analisi Matematica*, parte prima, Libreria Editoriale Petroni, Bologna.

1353

ANALISI MATEMATICA IIDocente: **Silvano Matarasso** prof. ord.*Programma*

Successioni e serie di funzioni.

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

Integrali curvilinei. Integrali multipli. Integrali superficiali.

Sistemi di equazioni differenziali.

*Testi consigliati:*T. APOSTOL, *Calcolo* vol. 3, Boringhieri.L. AMERIO, *Analisi matematica* voll. I, II, UTET.D. GRECO, G. STAMPACCHIA, *Esercitazioni di Matematica* vol. II, Liguori.C. MIRANDA, M. PICONE, *Esercizi di Analisi matematica*, Liguori.

1357

CHIMICADocente: **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, insieme, 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, Costruzioni, Impianti)

Docente: **Giorgio Praderio** prof. ass.

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.: Territorio, Architettura e Urbanistica; 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 sé applicativa, intende fornire quelle basi propedeutiche, inalienabili, del patrimonio di conoscenze legate al disegno. La relazione tra i diversi argomenti vuole ricondurre gli esempi ad un unico filo conduttore che, tessendo l'interscambio continuo tra le diverse tecniche, permetta in concreto il passaggio tra la "geometria", 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 successive 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. Libreria 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. straord.

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 stru-

menti 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.

Geometria (Lo spazio euclideo, affine e proiettivo ad n dimensioni — Geometria analitica affine ed euclidea del piano. Studio delle curve — Geometria affine ed euclidea dello spazio ordinario. Studio delle curve e delle 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 spiagge. 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. straord.

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 (cenni). Equilibrio dei fili (cond. nec. e suff., problemi fon-

damentali). 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 Poisson. 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, 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.: Territorio, Architettura e Urbanistica; Idraulici; Trasporti)

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

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. straord.

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 precomprese. Soluzione trigonometrica delle volte scatolari. Le membrane cilindriche a direttrice qualsiasi. Le lastre di traslazione snelle. Il calcolo delle volte come travi. La lastra cilindrica snella con i bordi rettilinei impediti di ruotare e di spostarsi orizzontalmente. Lastre di traslazione snelle aventi generatrice curva. Il metodo di Pucher, calcolo della membrana effettuato considerando la funzione degli sforzi. La soluzione alle differenze finite. Notizie pratiche ed esempi costruttivi. *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 ortotropo. Reticoli di travi (ripartizione trasversale dei carichi: trasversi indeformabili; trasversi deformabili e soluzione secondo Guyon-Massonnet). Travi composte (acciaio e calcestruzzo). Impalcati a cassone. Richiami su travi precomprese. Travi reticolari.

Parte terza: le strutture di appoggio — Pile (pile di limitata altezza; pile snelle; 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 accompagnamento.

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. Condotture, 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)

Ricardo 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 Libreria Universitaria, Bologna.

R. MIGLIO, *Appunti di Elettrotecnica*, Parte I e Parte II, Cooperativa Libreria 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 prof. ass. (Civili L-Z)

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

Programma

Termodinamica dei sistemi aperti e chiusi. I e II Principio della Termodinamica. Gas perfetti. Vapori saturi e surriscaldati, gas reali, miscele di gas e vapore. Teoria elementare delle motrici termiche e delle macchine frigorifere.

Fluidodinamica. Principi generali. Efflusso dei fluidi gassosi sotto forti differenze di pressione. Moto dei fluidi in condotti.

Trasmissione del calore e termotecnica. Trasmissione per conduzione, per convezione forzata e naturale, per irraggiamento. Equazioni differenziali e integrali del trasporto. Analisi di casi particolari di conduzione e convezione. Trasmissione del calore fra ambienti separati da una parete. Scambiatori di calore. Perdita di calore attraverso un condotto isolato.

Elementi di acustica applicata.

Testi consigliati:

A. GIULIANINI, *Fondamenti di Fisica tecnica*, voll. I e II, ed. Pàtron, Bologna 1976.

A. GIULIANINI, A. COCCHI, *Elementi di Acustica Applicata*, ed. Petroni, Bologna, 1973.

A. GIULIANINI, *Esercizi di Fisica Tecnica*, Vol. I, ed. Pàtron, Bologna 1976.

A. GIULIANINI, A. COCCHI, I. DI FEDERICO, *Esercizi di Fisica Tecnica*, vol. II, ed. Pàtron, Bologna 1975.

AUTORI DIVERSI, *Esercizi di Fisica Tecnica*, n° 1 ÷ 11, ed. Petroni, Bologna, 1975 ÷ 1982.

Esami orali, su tre temi distinti e relativi a: termodinamica, moto dei fluidi, trasmissione del calore. I temi possono essere sia di carattere strettamente teorico che applicativo.

Tesi di laurea fundamentalmente indirizzate su problemi di ricerca interessanti risparmi energetici, utilizzazione "attiva e passiva" dell'energia solare, problematiche fisico-tecniche nell'edilizia e negli impianti sportivi. 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*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 di 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 rigidità nulla e a rigidità infinita - Metodi approssimati. 7) Formula di stabilità - Carico critico - Teoria di Frölich - Carico di rottura - Teorie di Rankine - Ritter - Prandtl - Caquot - Terzaghi. 8) Applicazioni pratiche delle teorie svolte.

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 MACCHINEDocente: **Giorgio Negri di Montenegro** prof. ord. (inc.)

Finalità del corso: il corso intende fornire all'allievo ingegnere civile i principi di base delle macchine termiche, idrauliche, dei loro componenti e degli organi di trasmissione. Esamina le prestazioni delle macchine stesse e studia la loro interconnessione con gli impianti cui sono destinate, con particolare riferimento alle utilizzazioni di maggior interesse per il settore dell'ingegneria civile.

Programma

1. Impianti di conversione dell'energia da termica a meccanica. (A vapore, a gas, a cicli binari).
2. Impianti frigoriferi.
3. Scambiatori di calore con particolare riguardo ai generatori di vapore.
4. Componenti delle macchine e fenomeni dissipativi (attrito). Rendimento meccanico.
5. Sistemi articolati (quadrilateri, manovellismo di spinta, ecc.).

6. Macchine alternative: compressori e motori a carburazione e ad iniezione (Diesel).
7. Macchine rotanti a vapore (turbine ad azione, a reazione, ecc.).
8. Velocità critiche agli alberi.
9. Macchine rotanti idrauliche: turbine e pompe centrifughe.

Tramissioni meccaniche, trasmissioni ad organi flessibili, apparecchi di sollevamento ad organi flessibili.

Testi consigliati:

- S. FABBRI, *Appunti di Meccanica applicata alle macchine e macchine*, Ed. Patron.
 G. MORANDI, *Macchine ed apparecchiature a vapore e frigorifere*, ed. Pitagora.
 E. FUNAIOLI, *Meccanica applicata alle macchine*, Ed. Patron.

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

L'esame è costituito da una prova orale.

Indirizzo delle tesi: applicativo, progettistico.

890

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (per Civili e Minerari)

Docenti: Michele Capurso prof. ord. (Civili A-K e Minerari)

Agostino Cannarozzi prof. straord. (Civili L-Z)

Il corso si propone di fornire gli elementi fondamentali del calcolo strutturale con particolare riferimento alle ipotesi, ai principi ed alle limitazioni della metodologia di calcolo delle strutture nel campo elastico lineare. A 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 precomprese. Gli studenti vengono assistiti per lo sviluppo di tre progetti riguardanti una struttura metallica di un edificio industriale; un telaio multipiano di calcestruzzo armato con relativa fondazione; una trave precompressa.

Propedeuticità consigliate: Scienza delle costruzioni.

Testi consigliati:

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 1^a (Sistemi di travi: l'interpretazione elastica, febbraio 1977); vol. II parte 2^a, 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
- Cenni alla distribuzione dei carichi fra gli elementi di una palificata
- Criteri di calcolo dei pali isolati soggetti ad azioni orizzontali
- Gruppi di pali verticali soggetti ad azioni orizzontali

Fondazioni superficiali e profonde: criteri di calcolo degli elementi strutturali

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

Interazione tra struttura in elevazione, fondazione e terreno

- Metodi di progetto: le situazioni limite
- Metodi di verifica: il metodo delle deformazioni impresse

Criteri di calcolo delle paratie e diaframmi continui

- Tipologia degli elementi di contenimento

- Determinazione del diagramma del carico
- Profondità minima di infissione
- Verifica dello stato di sollecitazione
- Verifica della stabilità globale

Durante 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. straordinario. (Edili, ind.: Architettura, Costruzioni, Impianti)

Giovanni Crocioni prof. assistente. (Edili, ind.: Territorio, Architettura e Urbanistica; 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 di 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.

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 CONTROLLODocente: **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 variazioni irregolari o casuali.
- Uso dei modelli matematici: cenni alla simulazione con uso del calcolatore dei modelli previsionali; il problema del controllo 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, flusso 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, Architettura e Urbanistica, Costruzioni, Impianti (A-K))
Alberto Gubellini (Edili, ind.: Architettura, Architettura e Urbanistica, 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 - Determinazione delle coordinate curvilinee dei punti sulla superficie di riferimento - La rappresentazione dell'ellissoide sul piano: le rappresentazioni cartografiche - Teoria della compensazione delle misure - Elementi di statistica e di calcolo delle probabilità - La compensazione delle osservazioni dirette, indirette e condizionate - Strumenti e operazioni di misura: misura di angoli azimutali e zenitali - Misura diretta e indiretta delle distanze - Misura di distanze con onde modulate - Misure dirette e indirette delle differenze di quota: livelli - Operazioni per il rilievo topografico: triangolazioni e trilaterazioni, metodi di intersezione, poligonali, rilievo dei dettagli - Metodi operativi, di calcolo e di compensazione delle diverse fasi di rilievo topografico - Determinazione delle differenze di quota: livellazioni trigonometriche e geometriche - Le operazioni topografiche per il progetto, il tracciamento e il controllo di opere di ingegneria civile - Cenni di fotogrammetria.

Testi consigliati

G. INGHILLERI, *Topografia Generale*.

Esistono dispense ciclostilate ufficialmente approvate.

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 due campi operativi di maggiore interesse riguardano il controllo geodetico dei movimenti recenti della crosta, il rilievo fotogrammetrico dei monumenti, la fotointerpretazione e le carte tematiche. In tali settori è auspicabile e si è già verificata la collaborazione con altri Istituti e Facoltà quali Geologia, Architettura, Agraria.

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. inc.

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, cinematografi, 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 ELETTRONICODocente: **Antonio Tralli** prof. inc.

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 Helinger-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 risoluzione a banda; il metodo frontale. Definizione del calcolo delle sollecitazioni nel singolo elemento e problemi connessi alla organizzazione 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 IIDocente: **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 exteriorizzate), 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 progettuali, 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. straord.

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_c .
- Le sovrastrutture stradali. I tipi tradizionali. I tipi moderni. Strati di fondazione, di base, di collegamento e di usura. Inerti granulari, stabilizzati, misti cementati, stabilizzazione a calce, a cemento. Progettazione dei conglomerati bituminosi. 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_g). 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 biforcuto. Fattori di amplificazione. Il metodo degli elementi finiti per sistemi piani di travi. Condensazione statica. Metodo P- Δ . Instabilità flessione-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) Calcolo 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 servizi. 6. Aspetti di interazione tra attività produttive, residenza e servizi.

III fase

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

Il Corso è integrato da esercitazioni, esempi 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 TECNICADocente: **Giampiero Cuppini** prof. ass.

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

522

IMPIANTI TECNICI CIVILIDocente: **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 frigorifere. 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 pistoncini; 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.

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).

PROCESSI INDUSTRIALI APPLICATI ALL'EDILIZIADocente: **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.

*Programma*1) *Il piano particolareggiato come progetto: dall'organismo urbano all'organismo di quartiere*

- Funzioni urbane e ambiente costruito in senso globale;
- Il sistema dell'accessibilità e dei servizi: le opere di urbanizzazione primaria e secondaria;
- Morfologia dell'insediamento, composizione planivolumetrica e rapporti fra tipologia urbanistica e tipologia edilizia;
- L'intervento nelle zone urbanizzate ed il recupero urbanistico-ambientale;
- Il controllo dei costi di insediamento e la qualità dell'ambiente urbano.

2) *Il piano particolareggiato come strumento: dal piano regolatore all'intervento urbanistico preventivo*

- L'applicazione delle norme e la verifica degli standards urbanistici;
- Il piano particolareggiato nelle zone residenziali e nelle zone produttive;
- Il piano particolareggiato nelle zone di recupero;
- Definizione del sistema normativo (preprogettuale) di dettaglio: requisiti, prestazioni, ecc.;
- Il disegno del piano particolareggiato ed i relativi elaborati tecnico-amministrativi.

3) *Il piano particolareggiato come attuazione del processo insediativo*

- Intervento pubblico ed intervento privato;
- Gli oneri di urbanizzazione e la gestione tecnico-economica del piano;
- Il programma di attuazione e lo svolgimento del processo insediativo.

4) *Il piano particolareggiato nell'esperienza internazionale*

- Gli esempi del Movimento Moderno;
- Le realizzazioni nelle grandi città europee;
- L'esperienza italiana e regionale;
- Le tendenze e le proposte più recenti.

Il corso è completato dall'analisi e dalla discussione di esempi di piani particolareggiati ritenuti significativi.

Esercitazioni

Durante il corso, lo studente svolgerà un'esperienza completa di progettazione di un piano particolareggiato di attuazione relativo ad un tema individuale.

Propedeuticità consigliate

Architettura tecnica, Principi di Diritto, Tecnica Urbanistica, Architettura e Composizione architettonica.

8079

PROGETTI PER LA RISTRUTTURAZIONE E IL RISANAMENTO EDILIZIO

Docente:

*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:

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 approvvigio-

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 cantieri per le costruzioni marittime ed a quelli per le costruzioni idroelettriche, aeroportuali e delle gallerie.

— Le macchine da cantiere con riferimento ai rendimenti, al costo di esercizio e manutenzione, agli ammortamenti, ai vari tipi di macchine e la loro classificazione.

III— Il cantiere edile per quanto concerne gli aspetti dimensionali, organizzativi, gestionali, operativi: tracciamento, scavi, trasporti, produzione di malte e conglomerati.

— Lo studio relativo alla provenienza e natura degli inerti, delle tecniche di frantumazione, di lavaggio, di vagliatura, di determinazione della composizione granulometrica, di trasporto e conservazione dei leganti e degli altri materiali, d'impiego dei conglomerati e loro classificazione, di scelta ed impiego delle casseforme.

— L'organizzazione del cantiere con riferimento particolare all'impiego di elementi costruttivi metallici, cementizi, litoidi, prefabbricati o costruiti in opera.

— Controlli e prove in corso d'opera; collaudi; sistemi di contabilità e certificazione delle opere e delle attività.

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 analysis, 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:

(v. Corso di laurea in Ingegneria meccanica).

6805

COMPLEMENTI DI IDROLOGIA

Docente: **Ezio Todini** prof. straord. (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. straord. (supplente)

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 precomprese, verifica di stabilità, dimensionamento delle opere di difesa.

Testi consigliati:

CAMBEFORT, *Imiection 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 controeazione. 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 disabbiatori.

Le opere di trasporto dell'acqua.

Grandi condotte a gravità e prementi: per acquedotti e irrigazioni. Problemi idraulici connessi con particolare riguardo ai fenomeni di colpo d'ariete ed alla scelta e progetto degli organi attenuatori (valvole antiarie, 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 FLUVIALIDocente: **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 idrovie. 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. Hydrotechnique 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'ésame 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. straord. (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 ciclo 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 convezione differenziale. Evoluzione di inquinamenti passivi, inquinanti dinamicamente attivi, il cuneo salino e correnti di densità.

Propedeuticità consigliata: 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 idetogrammi 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 IDRAULICIDocente: **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. straord.

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 Subsurface 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 SONDAGGIDocente: **Giovanni Brighenti** prof. ord.

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Mineraria)

5705

TECNICA DELLA PROGETTAZIONE IDRAULICADocente: **Sandro Artina** prof. inc. stab.*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.

884

RICERCA OPERATIVA

Docente: **Giorgio Carpaneto** prof. inc. stab.

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica)

Programma

Ottimizzazione in presenza di vincoli (programmazione lineare e quadratica. Problema dei trasporti. (Programmazione lineare mista e intera). Teoria dei Grafi (Tecnica reticolari. Albero. Problema assegnamento. Cammino minimo. Problemi di flusso. Centri. Locazione ottima di risorse. Tecniche di tipo combinatorio (Branch and Bound) per la ricerca di percorsi hamiltoniani.

Richiami di statistica. Simulazione di sistemi discreti. Cenni sulla teoria delle code.

Testi consigliati

G. CARPANETO, *Dispense*.

DABONI e altri, *Ricerca operativa*, Ed. Zanichelli, Bologna, 1975.

HILLIER, LIEBERMAN, *Ricerca operativa*, Ed. F. Angeli, Milano, 1974.

Esame scritto ed orale.

Per lo svolgimento di tesi di laurea è indispensabile aver frequentato "Controlli Automatici".

2011

TECNICA DELLA CIRCOLAZIONEDocente: **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.

1031

TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI

Docente: **Alessandro Orlandi** prof. ord.

Finalità del corso. Introdurre le nozioni necessarie 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, ed alle reti. In tale ottica vengono forniti i concetti e le conoscenze fondamentali dei sistemi, sotto gli aspetti funzionali, operativo, meccanico.

Programma

Problema generale dei trasporti

Analisi del fenomeno dei trasporti e definizione della sua problematica. Studio dei sistemi di trasporto e delle relazioni intercorrenti fra la progettazione e l'esercizio, tenuto conto sia del settore di interesse spaziale (territorio, azienda) e strutturale (via, veicolo, sistema) sia degli elementi di base che vi intervengono (l'ambiente, l'uomo, l'oggetto del trasporto, il dispositivo per il trasporto, il metodo decisionale). Definizione dei processi di studio per la progettazione di impianti e per l'organizzazione dei servizi.

Classificazione e caratterizzazione dei sistemi di trasporto

Definizione di sistema di trasporto; classificazione dei sistemi: discontinui, terrestri (automobilistico, ferroviario, non convenzionale), natanti, aerei, continui, a trazione (a fune, a nastro, a catena), a compressione (tubo).

Caratterizzazione dei sistemi sotto l'aspetto funzionale, riguardante il compito assegnato al sistema: operativo, riguardante l'adattabilità alla domanda, il livello di servizio, le prestazioni (meccaniche: velocità, accelerazione, ecc.; di servizio: persone o

tonn. trasportate); meccanico, riguardante il sostentamento e la stabilità, la produzione della potenza motrice, la creazione della reazione di spinta, la guida e la manovrabilità.

Esercitazione riguardante il progetto di organizzazione di un servizio di trasporto.

Testi consigliati:

A. ORLANDI, *Principi di ingegneria dei trasporti*, Ed. Pàtron, Bologna.

Publicazioni indicate dal docente.

M. MATASSA, *Le caratteristiche funzionali degli autoveicoli da trasporto*, Pàtron, Bologna.

A. ORLANDI, *I veicoli cingolati*, Ed. Pàtron, Bologna.

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: **Paolino Camposano** prof. straord. (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:

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 (per Meccanici, Elettrot., Chimici, Minerari, Nucleari)Docente: **Emilio Obrecht** prof. straord.

Scopo del corso: Fornire gli strumenti analitici di base necessari nello studio di discipline scientifiche e tecniche.

Programma

Notazioni insiemistiche. Numeri reali e complessi. Successioni reali e complesse. Funzioni reali e complesse di una variabile reale: limiti e continuità. Le funzioni elementari in R . Calcolo differenziale per funzioni reali e complesse di una variabile reale: Teorema del valor medio; formula di Taylor. Calcolo integrale per funzioni

continue di una variabile reale; teorema fondamentale del calcolo integrale; integrazione delle funzioni razionali e di alcune classi di funzioni non razionali; alcuni metodi di integrazione numerica. Integrali generalizzati in R . Serie numeriche in R e in C ; criteri di convergenza delle serie. Lo spazio vettoriale R^n : proprietà algebriche e topologiche. Limiti e continuità per funzioni reali e vettoriali di più variabili reali. Integrale generalizzato in R . Equazioni differenziali lineari del primo ordine. Equazioni differenziali lineari di ordine n a coefficienti costanti.

Testi consigliati:

L. GEYMONAT, *Lezioni di Matematica per Allievi Ingegneri*, vol. 1, Levrotto & Bella.
 R. COURANT, F. JOHN, *An Introduction to Calculus and Analysis*, vol. 1, J. Wiley.
 J. CECCONI, L. PICCININI, G. STAMPACCHIA, *Esercizi di Analisi Matematica*, vol. 1, Liguori.

Sono in corso di completamento dispense di esercizi.

1355

ANALISI MATEMATICA II (per Meccanici, Minerari)

Docente: **Garaldo Fanti** prof. inc. stab.

Finalità del corso: Il corso di analisi matematica, prima e seconda parte, è volto a colmare eventuali differenze nella preparazione matematica ricevuta dagli studenti nella scuola secondaria, ad abituare al ragionamento ipotetico-deduttivo ed a sviluppare quelle conoscenze di base dell'analisi matematica che sono ormai bene assestate ed appaiono sia utili strumenti sia necessarie conoscenze per qualunque ulteriore approfondimento si possa rendere necessario.

Programma

Serie numeriche. Serie di funzioni. Uniforme convergenza. Passaggio al limite sotto il segno di derivata e di integrale. Serie di potenze. Sviluppi in serie di Taylor. Funzioni elementari nel campo complesso. Integrali dipendenti da un parametro.

Equazioni differenziali lineari ordinarie di ordine n . Equazioni differenziali non lineari. Problema di Cauchy e metodo delle approssimazioni successive. Equazioni a coefficiente omogeneo, di Clairaut, di Bernoulli. Alcuni tipi di equazioni differenziali di ordine superiore al primo. Equazioni con punti singolari. Sistemi di equazioni differenziali ordinarie. Serie trigonometriche di Fourier.

Trasformazione di Fourier. Trasformazione di Laplace. Integrali di funzioni reali su intervalli di R^n . Insiemi misurabili secondo Peano-Jordan. Integrali di funzioni reali su insiemi misurabili secondo Peano-Jordan. Cambiamento di variabili negli integrali multipli. Curve e superficie. Curve rettificabili, teorema di Jordan. Integrali curvilinei.

Area di una superficie. Integrali superficiali. Formule di Gauss-Green e di Stokes.

Forme differenziali lineari e problemi fondamentali ad esse relativi. Funzioni analitiche di una variabile complessa. Trasformazioni conformi. Teorema e formula integrale di Cauchy. Sviluppo in serie di Taylor e di Laurent. Singolarità puntuali e residui. Applicazioni del teorema dei residui al calcolo di alcuni integrali.

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 meccanica: 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 processi 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; struttura elettronica degli elettroni negli 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 in gioco nelle reazioni; concetto di entalpia e termochimica; equilibrio chimico; legge dell'azione di massa; equilibri ionici in soluzione acquosa; acidi; basi; pH; soluzioni tampone; idrolisi; elettroliti anfoteri; equilibri eterogenei; prodotto di solubilità. Cinetica delle reazioni chimiche. Elettrochimica: pile; potenziali elettrodi; serie elettrochimica 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 quali: Mn, Fe, Cu, Cr e Ni; 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 FABBRICAZIONEDocente: **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.

Sceita dei parametri nelle lavorazioni per deformazione plastica di lamiera e semi-lavoratori 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 MACCHINEDocente: **Gianluca Medri**, prof. ass.

L'insegnamento è rivolto agli studenti che, desiderando dedicarsi alla progettazione costruttiva, necessitano di un approfondimento delle loro conoscenze nel campo dell'analisi strutturale.

Il corso è impostato in maniera piuttosto teorica con l'intento di fornire metodi generali per una analisi non semplificata dei problemi ingegneristici, tuttavia è costante il riferimento a problemi pratici.

Programma

Il corso è articolato in cinque parti:

- *Meccanica dei continui*: cenni di calcolo tensoriale, cinematica dei solidi deformabili, analisi delle tensioni, relazioni costitutive.
- *Teoria dell'elasticità*: elasticità lineare, elasticità in grandi deformazioni.
- *Teoria della viscoelasticità*: viscoelasticità lineare, viscoelasticità non lineare.
- *Effetti termici*: tensioni termiche in solidi elastici, effetti termici in viscoelasticità.
- *Resistenza dei materiali non metallici*: polimeri, compositi e ceramiche; dimensionamento di giunti incollati.

Propedeuticità consigliate:

Scienza delle costruzioni, Meccanica applicata alle Macchine, Costruzione di Macchine.

Testi consigliati:

Appunti distribuiti dal docente.

Esame

L'esame consta di una parte orale e di una parte scritta. La parte orale consiste nella dissertazione di un argomento a scelta dello studente, mentre la parte scritta si compone di tre prove da sostenere durante lo svolgimento del corso.

Tesi di Laurea

Le tesi di laurea hanno un carattere prevalentemente di ricerca teorica e/o sperimentale.

Frequenza

Il docente consiglia una frequenza sistematica alle lezioni.

8076

COMPLEMENTI DI IMPIANTI MECCANICIDocente: **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 generazio-

ne 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 regolano 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: Generalità, studio teorico e criteri di proporzionamento delle turbine idrauliche (ad azione ed a reazione) e delle pompe centrifughe. Le curve caratteristiche. La similitudine nelle macchine idrauliche. I problemi di cavitazione. Le macchine reversibili.

Motori a combustione interna: Generalità, cicli ideali e reali, studio teorico e criteri di proporzionamento dei motori alternativi. Combustione e condizioni limite di funzionamento nei motori ad accensione per compressione e per scintilla.

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) D. GIACOSA, *Motori endotermici*, Hoepli.
- 2) C.F. TAYLOR, *The Internal Combustion Engine*, Wiley.
- 3) M.J. ZUCROW, *Aircraft and Missile Propulsion*, Vol. I Wiley.
- 4) L. VIVIER, *Turbine 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.

COSTRUZIONE DI MACCHINEDocente: **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 dedicata 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 AutomaticheDocente: **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.

COSTRUZIONI AERONAUTICHEDocente: **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 problemi 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 FLUIDODocente: **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 fenomeni transitori che si verificano a causa di variazioni di carico e vengono introdotti i concetti fondamentali della regolazione: errore, retroazione, anello di regolazione. Mediante esempi semplici ed intuitivi viene messa in evidenza la possibilità di instabilità del sistema di regolazione.

Nella seconda parte 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)Docenti: **Giuseppe Cantore** prof. ass. (supplente) (Meccanici A-K e Minerari)**Arrigo Pareschi** prof. straord. (supplente) (Meccanici L-Z)*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 ele-

menti di metrologia, macchine utensili e tecnologie dei materiali; con ciò si intende fornire all'allievo le necessarie cognizioni per la corretta esecuzione e sicura 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)

Docenti: **Giordano Conti** prof. inc. stab. (Meccanici A-K e Minerari)
Edzeario Prati prof. ass. (supplente) (Meccanici L-Z)

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 completamento 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 Libreria.

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

Docente:

1. Concetti introduttivi di organizzazione

Caso Burger - Il sistema produttivo - Concetto di organizzazione - L'azienda nel sistema economico - Approcci di studio dell'impresa - L'azienda e l'ambiente
Teorie organizzative - Si può scegliere un modello organizzativo?.

2. Il marketing

Mercato, segmentazione, posizionamento - Ciclo di vita del prodotto Marketing mix - Aspetti organizzativi del marketing.

3. Il sistema operativo

Introduzione - Le variabili di manufacturing mix - Tipi di sistemi produttivi
Aspetti organizzativi della produzione.

4. La funzione progettazione (ricerca e sviluppo)

5. La gestione del personale

La funzione del personale: ruolo e mansioni - Struttura del sindacato e livelli

della contrattazione - Il problema della organizzazione del lavoro esecutivo.

6. *Le strutture organizzative*

Criteri di suddivisione del lavoro e modalità di coordinamento - L'organizzazione e le sue leve - Strutture organicistiche e meccanicistiche.

7. *La gestione economico-finanziaria*

Introduzione al bilancio - Analisi di bilancio e indici - Il controllo di gestione - Il budget - Aspetti organizzativi della funzione di gestione economico-finanziaria - Il sistema pianificazione e controllo.

8. *Esercitazioni*

Analisi organizzativa di una azienda - Analisi di un sistema industriale locale.

Testi consigliati

G. BERNARDI, C. SORDI: *Come progettare la struttura aziendale*, Etas Libri, 1978.

S. SCIARELLI; *Il sistema d'impresa*, CEDAM 1982.

E.S. BUFFA: *Modern Production/Operations Management*, J. Wiley, 1980.

RIVISTE: *Harward Espansione; Analisi.*

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 elettroma-

gnetici: 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; rotor a gabbia — Macchine sincrone — Macchine in c.c.: f.e.m. alle spazzole; equazioni; coppia; caratteristica esterna; dinamo autoeccitata; motori con eccitazione in parallelo e in serie; caratteristiche meccaniche; avviamento e regolazione di velocità — Impianti elettrici: sistemi di trasporto dell'energia; cadute di tensione in linea; riscaldamento dei conduttori; reti di distribuzione a media e bassa tensione; cabine; messa a terra; protezione contro gli infortuni.

Propedeutici 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. straord.

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'esperienza"

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

ca 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 Libreria 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: **Pietro Bassi** prof. ord.

Finalità del corso

Introduzione con *richiami sperimentali* delle leggi fisiche relative a Eletticità, 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 vuole costruire l'anello di congiunzione tra gli insegnamenti di Fisica Sperimentale e di Meccanica Razionale del biennio propedeutico e quelli applicativi propriamente detti: Macchine, Impianti Meccanici, ecc.; in particolare sviluppa argomenti di Termofisica, Acustica Tecnica ed Illuminotecnica.

Programma

Termodinamica: Generalità e primo principio. Trasformazioni ideali e trasformazioni reali. Sistemi chimicamente omogenei. Proprietà termodinamiche dei gas reali. Diagrammi termodinamici di usuale impiego in termotecnica. Sistemi a più componenti non reagenti, in fase gassosa. Termodinamica del sistema aperto.

Fluidodinamica: Moto di un fluido. Equazione integrali.

Termocinetica: La conduzione. La convezione. L'irraggiamento. La contemporanea presenza di diverse modalità di scambio.

Energetica: Bilancio energetico nazionale. Fonti alternative di energia.

Acustica tecnica: Acustica fisica. Acustica psicofisica. Acustica architettonica. Il controllo della rumorosità. Vibrazioni meccaniche.

Propedeuticità consigliate: Idraulica.

Testi consigliati:

A. COCCHI, *Termofisica per Ingegneri*, Ed. Petroni, Bologna, 1974.

A. GIULIANINI, A. COCCHI, *Acustica Tecnica*, Ed. Petroni, Bologna, 1973.

AUTORI DIVERSI, *Esercizi di Fisica Tecnica*, Ed. Petroni, Bologna, 1974/75/76.

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.

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

Docente:

Tale corso fa parte di un indirizzo di progettazione termofluidodinamica, di cui si intende avviare l'attuazione, nel quale i singoli insegnamenti costituiranno sviluppi ed approfondimenti delle conoscenze di base sui vari tipi di apparati già

trattati nei corsi di Macchine e Complementi di Macchine.

Nella prima parte del corso vengono approfondite le conoscenze sui più importanti tipi di generatori convenzionali e nucleari esaminandoli dal punto di vista architettonico e funzionale, ed anche in relazione all'uso cui è destinato il vapore prodotto.

Esaminando poi gli elementi costitutivi dei generatori, vengono approfondite le conoscenze su fenomeni peculiari di queste macchine quali ad esempio la combustione in fiamme di diffusione, l'influenza dei parametri costruttivi delle camere di combustione e dei bruciatori sulla cinetica della combustione, il problema della separazione del vapore, ed i vari sistemi di attuazione della stessa.

Vengono forniti inoltre elementi di progettazione termofluido dinamica del circuito acqua-vapore e del circuito dei fumi con particolare riferimento rispettivamente ai problemi di stabilità della circolazione, controllo del titolo di vapore, scambio termico tra superfici dei tubi e fiamme e al dimensionamento del circuito e delle soffianti per la circolazione dei fumi.

Infine un'ultima parte del programma è rivolta allo studio degli ausiliari del generatore, quali pompe di alimento, valvole, livelli, sistemi di sicurezza, con speciale riferimento alle caratteristiche richieste dal particolare impiego e dalla normativa vigente.

Testi consigliati

Appunti redatti dal Docente.

D. ANNARATONE, *Generatori di vapore*, Tamburini, Milano.

A. ZINZEN, *Dampfkessel und Feuerungen*, Springer, Verlag.

M. LEDINEGG, *Dampferzeugung*, Springer, Verlag.

Esami orali.

Tesi di laurea a carattere progettistico o bibliografico.

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 Libreria 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, nonché i metodi di progettazione delle condotte. In questo ambito si considerano in particolare gli impianti frigoriferi, quelli di condizionamento e di riscaldamento ambientale, nonché gli impianti di evaporazione ed essiccamento, i forni industriali e di incenerimento. Per quanto riguarda la produzione di energia si esaminano in particolare gli impianti a gas, quelli a vapore a condensazione e a ricupero (per la produzione combinata di energia elettrica e termica in dipendenza di vari processi industriali), ed i gruppi con motori a combustione interna, facendo nel contempo un cenno ai problemi della trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica e meccanica (mediante aria compressa ed olio in pressione). La trattazione degli impianti per il trasporto, sia meccanico che pneumatico, e l'accumulo dei materiali solidi completa il corso.

Propedeuticità consigliate: Fisica Tecnica, Meccanica applicata, Macchine, Complementi di macchine, Chimica applicata, Idraulica. Elettrotecnica, Misure meccaniche.

6541

IMPIANTI TECNICI INDUSTRIALI

Docente: **Oddo Pierfederici** prof. straord.

L'indirizzo impiantistico istituito con il presente a.a. ha lo scopo di approfondire problemi tecnici ed organizzativi dell'industria. Questo nuovo corso, qualificante l'indirizzo, affronta alcune tematiche di grande attualità.

Programma

Impianti energetici. Produzione combinata di energia elettrica e termica da combustibili. Produzione elettricità e fluidi caldi da energia solare. Applicazioni delle pompe di calore nell'industria. Economie di energia elettrica in fase di progetto e di esercizio. Recuperi termici da processi industriali.

Impianti per il benessere negli ambienti di lavoro. Sistemi di riscaldamento ambientale. Condizionamento di reparti ed uffici. Ventilazione e ricambi d'aria. Aspirazione polveri, vapori e gas. Protezioni contro l'inquinamento acustico. Protezioni contro i pericoli elettrici. Protezioni antincendio. Illuminazione naturale ed artificiale. Normative.

Impianti di trattamento scarichi industriali. Smaltimento di rifiuti solidi e recuperi. Depurazione scarichi liquidi e ricircolo acqua. Purificazione scarichi gassosi e recuperi termici. Normative.

Testi consigliati:

Appunti del docente.

4022

MACCHINEDocente: **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, utilizzando le dette fonti di energia. Vengono anche richiamate le fonti di energia ed i generatori di vapore nucleari.

Richiamati i bilanci energetici, le trasformazioni termiche e gli scambi di energia, viene poi svolta la trattazione delle macchine motrici a vapore, alternative ed a turbina, e dei relativi circuiti termici ed impianti.

Vengono poi discussi i fluidi frigoriferi e trattati gli impianti frigoriferi a compressione di gas e di vapori, la liquefazione dei gas permanenti e 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 UTENSILIDocente: **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.

Si conclude con un ampio cenno ad alcuni processi di lavorazione, quale elettroerosione e laser di potenza, di relativamente recente introduzione, ma di rilevante interesse in alcuni campi tecnologici.

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. Libreria 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 MACCHINEDocente: **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, addestrandoli 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 piana; momenti d'inerzia, ellissoide e matrice d'inerzia — Reazioni vincolari: vincoli di contatto puntuale fra corpi rigidi, legge 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, soluzione periodiche dei sistemi non conservativi; metodi approssimativi per lo studio dei sistemi non lineari — Oscillazioni lineari libere e forzate, impedenza meccanica, risonanza 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*, Pàtron.

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.

1140

MISURE MECCANICHE E TERMICHEDocente: **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 macchina 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.

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.

Misure di velocità: vari sistemi per la misura della velocità di rotazione.

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 PRODUZIONEDocente: **Franco Giacomazzi** prof. inc. stab.*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, nonché 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 economiche 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. straord.

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. straord.

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 acquirettore 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 Strength and Production*, Macmillan 1970.

Indirizzo delle tesi di laurea:

- Sperimentale; di progettazione.

886

SCIENZA DEI METALLI

Docente: **Giampaolo Cammarota** prof. straord.

Finalità del corso:

Introdurre i principi fondamentali della metallurgia fisica in base ai quali si interpretano i processi metallurgici tecnologicamente più importanti ed il compor-

tamento di metalli e leghe metalliche in esercizio.

Prospettare le strette correlazioni tra proprietà generali, composizione e struttura dei materiali metallici, evidenziando 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, 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, sulfinitizzazione, processi Tecnifer e Ni-Temper, bo-

durizzazione). 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: Poliolfine, 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 termici 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, Londra.

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: **Paolino Camposano** prof. straordinario (inc.)

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Civile Sez. Trasporti)

8081

TURBOMACCHINEDocente: **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.

Testi 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 (per Meccanici, Elettrot., Chimici, Minerari e Nucleari)Docente: **Enrico Obrecht** prof. straordinario.

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica)

1355

ANALISI MATEMATICA II (per Elettrotecnici, Chimici, Nucleari)Docente: **Luigi Pezzoli** prof. incaricato stab.*Programma**Spazi metrici*

Spazio R^n . Nozioni di topologia negli spazi metrici e, in particolare, in R^n . Limiti di funzioni in R^n . Continuità, differenzialità per funzioni di più variabili – Derivate e differenziali di ordine superiore. Max e min relativi. Funzioni implicite. Max e min vincolati. Integrali dipendenti da un parametro. Derivate di funzioni complesse di variabili complesse. Successioni e serie in P . Successioni e serie di funzioni in R e in P . Serie di potenze. Serie di Taylor. Funzioni elementari in campo complesso. Misure secondo Peano Jordan di insiemi limitati in R^n . Integrali multipli. Misure di insiemi non limitati in R^n . Cenno agli integrali generalizzati di funzioni di più variabili. Curve di R^n . Integrali curvilinei. Formule di Gauss-Green. Forme differenziali lineari. Cenno alle superfici e agli integrali di superficie. Equazioni differenziali del 1° ordine: Problema di Cauchy. Equazioni differenziali lineari di 1° ordine. Equazioni differenziali di ordine n . Equazioni differenziali lineari. Cenno ai sistemi di equazioni differenziali. Integrali complessi. Funzioni olomorfe. Serie di Laurent. Punti singolari. Residui. Serie di Fourier. Trasformate di Fourier e di Laplace.

*Testi consigliati:**Apostol* *Calcolo*, vol. III, ediz. Boringhieri.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).

2237

APPLICAZIONI INDUSTRIALI DELL'ELETTROTECNICADocente: **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, $\cos \varphi$ 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 ELETTRICHEDocente: **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.

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.

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 ELETTRICIDocente: **Franco Sandrolini** prof. straord. (supplente)

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. Ceramiche: 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, involuppi. 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 transistori 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 svariatisimi, 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 apparecchiature.

- 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.

CONTROLLI AUTOMATICI (per Elettrotecnici e Nucleari)

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 correttive. 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 ELETTROMECCANICHEDocente: **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.*

5690

COSTRUZIONI PER L'INDUSTRIADocente: **Claudio Comani** prof. ass.

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Civile Edile)

1364

DISEGNO (per Elettrotecnici e Nucleari)Docente: **Roberto Bettocchi** prof. ass. (supplente)

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 cavaliere e norme UNI. Assonometria: isometrica, dimetrica e norme UNI. Vera forma 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 semisezioni. 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. Freccia 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) for-

nire agli studenti alcune indispensabili conoscenze sul mondo del lavoro, della produzione e degli affari, ed alcune elementari norme giuridiche.

Programma

I problemi di Ingegneria come problemi di scelta economica.

I problemi della matematica finanziaria: problemi di capitalizzazione ed attualizzazione; problemi relativi ad annualità certe, differite e variabili.

Problemi di scelta economica che si proiettano oltre il presente: criterio di equivalenza finanziaria, metodi di confronto (valore attuale, valore annuale, tasso di interesse sull'investimento differenziale). Fattori della produzione ed elementi del costo di produzione.

Deperimento, ammortamento e rinnovo degli impianti.

Finanziamento e retribuzione del capitale delle imprese. Società per azioni, il Credito a lungo, medio e breve termine.

Imposte: regolamentazione tributaria italiana, imposte dirette e indirette, la I.V.A.

Mano d'opera e materiali: regolamentazione e costo del lavoro, costo della vita e scala mobile, mercati e prezzi dei materiali, la revisione dei prezzi, potere d'acquisto della moneta.

I trasporti: contratti di trasporto, assicurazione dei trasporti, i termini di resa nei contratti mercantili.

Testi consigliati:

D. ZANOBETTI, *Economia dell'ingegneria*, Patron.

D. ZANOBETTI, *Economia dell'ingegneria* (Esercizi e aggiunte), Patron.

Gli esami si compongono di una prova scritta, concernente la valutazione economica di una scelta, 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 sta-

zionario 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. straordinario.

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 permanente, funzioni di rete, risposta all'impulso.

Teoremi delle reti: teorema delle potenze virtuali, bilancio energetico di una re-

te, 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; vari 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. straord.

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

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

Le altre due parti, nell'ambito dei rispettivi argomenti, si propongono essenzialmente di illustrare e chiarificare alcuni concetti e principi fondamentali, discutendone il significato e la portata, mentre le applicazioni, in genere estremamente semplici, vengono presentate esclusivamente per indicare la metodologia di utilizzo dei concetti discussi. In altri termini, 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, Eletticità 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 isoterma — 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:

cenni – Conduzione in mezzi anisotropi: cenni – Analogia elettrica.

Convenzione – Equazioni fondamentali del moto non isoꝛmo – 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.

1376

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)

Docente: **Giambattista Scarpi** prof. ord.

Programma

Unità di misura, omogeneità, teorema π . Costanti meccaniche dei liquidi. Equazione di continuità. Equazione del moto dei mezzi continui. Idrostatica: misure di pressione sui liquidi, azione dei liquidi sopra superfici in quiete, corpi galleggianti. Spinte di getti su superfici. Equazioni del moto dei liquidi perfetti. Il teorema di Bernoulli. Estensione a una corrente finita del teorema di Bernoulli. Fonomia: Brusco allargamento di sezione nelle condotte. L'esperienza di Reynolds: moto laminare e moto turbolento. Moto uniforme nelle condotte. Moto permanente. Sifoni. Impianto di sollevamento. Rete di condotte. Moto permanente gradualmente variato. Moto uniforme e permanente nelle correnti a pelo libero. Il risalto idraulico. Cenni su pompe e turbine e sugli schemi principali di impianti idroelettrici. Moto vario nelle condotte in pressione: fenomeni di colpo d'ariete. Equazioni di Allievi. Formula di Allievi-Michaud. Il metodo grafico per l'esame del colpo d'ariete. Colpo d'ariete negli impianti di sollevamento. Cassa d'aria e pozzo piezometrico. Moti di filtrazione. Equazioni di Navier. Similitudine meccanica.

Il corso comprende *esercitazioni* (di laboratorio e in aula).

Testi consigliati:

E. MARCHI, A. RUBATTA, *Meccanica dei fluidi*, UTET.

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 trat-

ta 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 incompressibile, 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 polyphase 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 fabbricazione 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.

1380

MECCANICA RAZIONALE (per Elettrot., Chimici, Nucleari, Meccanici, Minerari)Docente: **Mauro Fabrizio** prof. ord.

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica)

2004

METODI DI OSSERVAZIONE E MISURADocente: **Franco Malaguti** prof. ass.

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica).

732

MISURE ELETTRICHEDocente: **Alberto Burchiani**, prof. inc. stab.

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 ELETTRICIDocente: **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, sommatore, 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 bi-stabile, 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.

8075

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI (per Elettrotecnici)Docente: **Erasmus Viola** prof. ass.*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;

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*, Pátron, Bologna.
- 2) DI TOMMASO, *Fondamenti di Scienza delle Costruzioni*, Pátron, 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.

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, nonché 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.

2011

TECNICA DELLA CIRCOLAZIONEDocente: **Giannino Praitoni** prof. ass.

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

1031

TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTIDocente: **Alessandro Orlandi** prof. ord.

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

1046

TECNOLOGIE ELETTRICHEDocente: **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 coefficiente 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. Superficie 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 Libreria 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 ELETTRICADocente: **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 conversione 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 disturbi.

- 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 électrique et thermo-électrique*, 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:

- 1351 Analisi matematica I
- 1355 Analisi matematica II
- 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. SIROLA, *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

Parte I: Struttura macroscopica e microscopica dei sistemi chimici.

La struttura atomica: Le particelle costitutive dell'atomo — Grandezza e massa degli atomi. Gli isotopi — peso atomico. Scale dei pesi atomici.

Struttura del nucleo: Numero di massa e numero atomico — Difetto di massa — Stabilità ed instabilità nucleare — Radioattività α , β , γ — Velocità di disintegrazione — Cenni sui processi di fissione e fusione.

Struttura elettronica degli atomi: Modello atomico di Bohr — Principio di indeterminazione — Natura dualistica dell'elettrone — La funzione d'onda ed il suo significato — Numeri quantici e 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: a) Il legame ionico; proprietà dei composti ionici. b) Il legame

covalente; orbitali molecolari. Legame polarizzato — Orbitali e geometria molecolare. Orbitali ibridi — Legami multipli — Legame di coordinazione. c) Legame metallico. d) Legami deboli tra le molecole (ad idrogeno, di Van der Waals).

Parte II: I tre stati di aggregazione della materia.

Lo stato gassoso: Equazione di stato dei gas perfetti ed equazione di Van der Waals per i gas reali.

Lo stato liquido e le soluzioni: Proprietà fisiche dei liquidi; tensione di vapore. Soluzione gassose, liquide, solide. Composizione delle soluzioni. Soluzioni ideali e non ideali.

Lo stato solido: Solidi amorfi e solidi cristallini — Tipi diversi di strutture cristalline: cristalli ionici, covalenti molecolari, atomici e metallici.

Equilibri nei sistemi polifasici: Regola delle fasi. Sistemi ad un componente: equazione di Clausius-Clapeyron e diagrammi di stato.

Parte III: Reazioni Chimiche ed equilibrio chimico.

Stechiometria: Richiamo alle leggi delle combinazioni. Formule chimiche — Calcoli stechiometrici — Le reazioni di ossidoriduzione.

I Principio della termodinamica e termochimica: Sistemi, funzioni di stato, lavoro, calore — I principio; energia interna e entalpia — Entalpia standard di formazione — Legge di Hess.

II Principio della termodinamica ed equilibrio chimico: Processi reversibili e irreversibili - Il principio; entropia e suo significato probabilistico — Energia libera e spontaneità di una reazione — Energia libera standard di formazione — Sistemi non ideali; attività (cenni). Variazione di energia libera in una reazione e costante di equilibrio. Influenza della temperatura — Spostamento dell'equilibrio per variazioni di concentrazione o di pressione — Equilibri eterogenei.

Equilibri ionici in soluzione acquosa: Autoionizzazione dell'acqua, pH, Acidi, basi e sali — Idrolisi dei sali — Prodotto di solubilità — Elettroliti anfoteri. Soluzione tampone. Indicatori. Impostazione esatta degli equilibri di ionizzazione.

Elettrochimica: Proprietà dell'acqua come solvente — Conducibilità elettrica delle soluzioni: elettroliti deboli e forti. Celle chimiche reversibili. L'equazione di Nernst — Serie dei potenziali Standard — Elettrolisi dei sali fusi e in soluzione acquosa — Leggi di Faraday — Corrosione elettrochimica (cenni).

Cinetica delle reazioni chimiche — Velocità di reazione; l'equazione cinetica. Ordine e molecolarità, reazioni elementari e reazioni in più stadi. Influenza della temperatura: teoria delle collisioni, il complesso attivato. Catalisi omogenea ed eterogenea.

Parte IV: Gli elementi chimici.

Caratteristiche generali delle famiglie di elementi tipici. Metalli alcalini e alcalinoterrici. Elementi del terzo, quarto, quinto e sesto gruppo. Alogeni — Elementi di transizione: Mn, Fe e Cu quali esempi.

Testi consigliati

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

B.H. MAHAN, *Chimica generale e inorganica*, Ed. Ambrosiana, Milano.

BRESCHI-MASSAGLI, *Stechiometria*, Ed. G. Pellegrini, Pisa.

Esami: discussione orale di argomenti svolti nel corso, preceduta da una prova scritta consistente in esercizi e calcoli numerici (stechiometria, leggi di Faraday, termochimica, equilibri chimici in fase gas e in soluzioni ioniche).

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.

Il problema dell'energia. *Combustibili e carburanti* convenzionali (combustione, carboni fossili e derivati, gas naturali e tecnici, petrolio e prodotti di raffinazione). 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, *Principi 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. straord.

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. Essiccamento: 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 industriale) 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. Grandezze 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 gassosi. 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 gassosi a più componenti, ideali e non ideali; le leggi di Amagat e di Dalton e le loro conseguenze riguardo al calcolo delle gran-

dezze termodinamiche di miscele gaseose; 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 composti. 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:

LAILDLER, *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, copoli-

meri a blocchi e ad innesto. Degradazione: casi limiti di degradazione statistica e depolimerizzazione, cenni ai diversi tipi di degradazione (termica, ossidativa, fotocchimica, 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 diverse conoscenze acquisite dallo studente nei corsi fondamentali del piano degli studi in Ingegneria Chimica, nonché 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, ecc. Chimica primaria, derivata, secondaria. *Industria chimica italiana*. Struttura della 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. "Case histories".

Parte II. Gas di sintesi. Reforming con vapore acqueo di metano ed idrocarburi liquidi vaporizzabili. Ossidazione parziale di idrocarburi. Altri processi. 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. *Altre utilizzazioni del gas di sintesi (cenni)*. Metanolo. Reazioni "oxo". Idrogeno. Fosgene. *Idrodesolforazione di prodotti petroliferi*. Composti solforati; reazioni; caratteristiche dei processi. *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 dell'argon. *Acido nitrico*. Ossidi di azoto: dagli elementi; per ossidazione parziale di ammoniaca. Ossidazione di NO; dimerizzazione e 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

I. PASQUON, *Chimica Industriale I*, CLUP, Milano, 1970.

G. NATTA, I PASQUON, *Principi della Chimica Industriale*, vol. I, Tamburini, Milano, 1966.

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, Principi 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.

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, affrontandoli 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 atomica 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 meccani-

ci delle apparecchiature chimiche, avuto riguardo anche ai problemi tecnologici, di fabbricazione, nonché 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 CHIMICIDocente: **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 una apparecchiatura chimica. 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 le principali apparecchiature chimiche se- de di reazioni chimiche e di processi di scambio di materia e di calore. Uso delle correlazioni di processo nei modelli dinamici. Metodi numerici per la soluzione delle equazioni differenziali con particolare riferimento al transitorio delle apparecchiature più comuni. Metodi di analisi, uso dell'approssimazione lineare e linearizzazione, metodi per la soluzione dei modelli lineari. Esame del campo di validità dei modelli lineari.

Richiami sulla trasformata di Laplace. Esame degli ingressi in un processo chimico, disturbi tipici, loro rappresentazione matematica e relativa L-trasformata. Determinazione della risposta dinamica di un sistema mediante l'uso della trasformata di Laplace, funzione di trasferimento. Analisi frequenziale, diagramma di Bode.

Apparecchiature chimiche a stadi (modelli a parametri concentrati), elementi caratteristici della risposta di sistemi del primo e secondo ordine e di apparecchiature a più stadi. Determinazione dei parametri caratteristici del modello dalla risposta dinamica dell'apparecchiatura. Apparecchiature chimiche a contatto continuo (modelli a parametri distribuiti), flusso a pistone con e senza diffusione assiale, apparecchiature in equi e 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 re-

troazione. 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. Processi continui condotti deliberatamente in stato non stazionario, operazioni pulsate ed operazioni cicliche. Processi discontinui.

Testi consigliati

J.M. DOUGLAS, *Process Dynamics and Control*, Prentice-Hall 1972.

W.L. LUYBEN, *Process modeling simulation and control for chemical engineers*, McGraw Hill.

Esame orale.

Propedeuticità consigliate: Impianti chimici, Impianti chimici II.

4685

DISEGNO

Docente: **Gianfranco Coli** prof. ass.

Il corso si prefigge di fornire gli elementi essenziali del disegno meccanico con particolare riguardo al settore impiantistico. La conoscenza di tali principi è molto importante per seguire in modo proficuo alcuni corsi del triennio d'applicazione e successivamente per l'esercizio della professione. All'inizio del corso, per rendere gli allievi in grado di apprendere il disegno meccanico, vengono forniti i principi fondamentali del disegno geometrico. Ciò risulta particolarmente utile per gli studenti che affrontano il disegno per la prima volta.

Programma

Si compone di tre parti: la prima dedicata al disegno geometrico, la seconda a quello meccanico e l'ultima all'indirizzo impiantistico.

Nella prima parte vengono fornite nozioni relative alle costruzioni geometriche fondamentali, alla rappresentazione grafica di un oggetto con proiezioni ortogonali ed alle sezioni e compenetrazioni con cenno agli sviluppi. Vengono inoltre prese in esame le assonometrie oblique ed ortogonali.

Nel disegno meccanico si considera in primo luogo la normativa generale unificata per la rappresentazione dei pezzi e la loro quotatura. Per rendere gli allievi in grado di quotare gli elementi meccanici usuali si dà anche un breve cenno alle lavorazioni più comuni con asportazione di materiale. Vengono poi presi in esame i collegamenti albero-mozzo ed i cuscinetti di strisciamento e di rotolamento. Si passa successivamente ai collegamenti filettati ed a quelli ottenuti per sal-

datura e chiodatura. Infine si danno alcuni cenni sulle lavorazioni in base a tolleranze.

Nella parte impiantistica si considera la rappresentazione dei principali accessori di linea e dei collegamenti delle condotte. Si prendono quindi in esame i problemi relativi al disegno degli apparecchi di maggiore impiego nell'industria chimica come scambiatori di calore, serbatoi, ecc. Infine vengono fornite le nozioni necessarie per l'esecuzione di schemi tecnologici con la simbologia unificata e per tracciare schizzi assonometrici di condotte.

Il Corso si articola attraverso tre ore di lezione e tre di esercitazioni settimanali. Queste ultime vengono svolte in aula da disegno, in modo da rendere gli allievi in grado di eseguire settimanalmente un elaborato che viene consegnato per la correzione. Altri disegni vengono invece assegnati come compiti a casa.

Per gli allievi che hanno ottenuto una prefissata percentuale di sufficienze negli elaborati in aula, l'esame consta di una sola prova orale, mentre i rimanenti devono eseguire una prova grafica con esito positivo prima di essere ammessi all'esame orale.

Testi consigliati

G. COLI, "Corso di Disegno per Ingegneria chimica" Pitagora Editrice Bologna.

6793

ELETTROTECNICA (per Chimici e Minerari)

Docente: **Maria Laura Ambrosini** prof. inc. stab.

Il corso viene impostato partendo dalle equazioni fondamentali dell'elettromagnetismo, che hanno il significato di leggi generali: da esse vengono dedotte tutte le altre, tenendo naturalmente conto delle proprietà dei singoli mezzi materiali. Nello spirito di questo procedimento deduttivo vengono affrontate l'elettrostatica, l'elettrodinamica stazionaria e quasi stazionaria, riservando ampia trattazione ai bilanci energetici (con calcolo, in particolare, di forze e coppie), alle correnti alternate monofasi e trifasi, ed evidenziando i più importanti procedimenti di calcolo inerenti soprattutto allo studio dei circuiti elettrici e magnetici. Anche lo studio delle macchine elettriche viene condotto con criteri analoghi a quelli su esposti, seguendo cioè un'impostazione di carattere generale fondata su una logica unitaria valida per tutte le macchine nonostante le notevoli differenze costruttive che le distinguono. Particolare riguardo viene dedicato allo studio dei trasformatori e dei motori asincroni e a corrente continua.

Programma

Richiami e complementi di calcolo vettoriale - Equazioni generali dell'elettromagnetismo in forma locale e integrale - Equazioni di legame materiale.

Elettrostatica: potenziale elettrico; regime elettrostatico dei conduttori; schermi elettrostatici; condensatori.

Elettrodinamica stazionaria: legge di Ohm; principi di Kirchoff; collegamenti di resistenze; legge di Joule; bilancio energetico di una rete elettrica; circuiti magnetici; legge di Hopkinson; coefficienti di auto e mutua induzione; materiali ferromagnetici; magneti permanenti.

Elettrodinamica quasi stazionaria: circuiti a costanti concentrate; generalizzazione della legge di Ohm e dei principi di Kirchoff; legge dell'induzione elettromagnetica.

Bilancio energetico dei sistemi elettromagnetici: energia elettrostatica di un condensatore; energia magnetica di un insieme di circuiti; energia dissipata in un ciclo di isteresi; calcolo di forze e coppie. Il transitorio dei circuiti elettrici.

Correnti alternate: rappresentazione di grandezze sinusoidali mediante numeri complessi; legge di Ohm simbolica; impedenza di un circuito; equazioni di Kirchoff simboliche; risonanza e antirisonanza; potenze in corrente alternata; rifasamento; strumenti elettrodinamici di misura.

Sistemi trifase: generatori e utilizzatori a stella e a triangolo; teorema di equivalenza; potenze nei sistemi trifase; misure di potenza; inserzione Aron; sistemi trifase con neutro.

Le macchine elettriche: ipotesi di campo; perdite nel ferro.

Trasformatore: equazioni interne ed esterne; rete equivalente; funzionamento a vuoto e in corto circuito; trasformatori di misura; misura del rendimento di un trasformatore; trasformatori trifase.

Generalità sulle macchine rotanti in corrente alternata: nozioni costruttive; campo al traferro; onda stazionaria prodotta da un avvolgimento monofase; campo rotante prodotto da un avvolgimento polifase; f. e. m. indotta da un campo rotante.

Macchine asincrone: principio di funzionamento; equazioni interne ed esterne; teorema di equivalenza; coppia di una macchina asincrona; rete equivalente; funzionamento da motore, generatore e freno; curve caratteristiche; avviamento; rotore ed anelli, a gabbia e a doppia gabbia.

Macchine sincrone: principio di funzionamento.

Macchine in corrente continua: anello di Pacinotti; f.e.m. indotta fra le spazzole; coppia di una macchina a corrente continua; dinamo autoeccitata in derivazione; motore a corrente continua con eccitazione in parallelo; avviamento e regolazione di velocità; caratteristica meccanica; motore a corrente continua con eccitazione in serie.

Testo consigliato

F. CIAMPOLINI, *Elettrotecnica generale*, Ed. Pitagora, Bologna.

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. - Fluidodinamica dei piatti. Particolari costruttivi. - Colonne riempite. Perdite di carico e velocità limite. Calcolo del volume delle colonne d'assorbimento. Equazione di Whitman. Metodo delle unità di trasporto. Considerazioni economiche; confronto con le colonne a piatti. Abbinamento di colonne di assorbimento e stripping. Disposizioni impiantistiche. - *Distillazione.* Distillazione continua e discontinua di sistemi binari e a più componenti, in apparati a singolo stadio. Colonna completa. Colonne di arricchimento puro e di esaurimento puro. Gradi di libertà. Sistemi binari: 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 IIDocente: **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 ed eterogenei e per sistemi complessi di reazioni chimiche: reazioni catali-

tiche, reazioni enzimatiche, reazioni a catena con particolare riferimento alle reazioni di polimerizzazione. Elementi di catalisi eterogenea: adsorbimento fisico e chemi-adsorbimento; processi diffusivi all'esterno e all'interno del catalizzatore. Fattore di efficienza di un catalizzatore: definizione e calcolo per le geometrie tipiche in condizioni isoterme e no. Criteri pratici per la determinazione del regime dominante il processo catalitico. Reazioni gas-liquido: generalità e individuazione dei parametri caratteristici di calcolo di un reattore gas-liquido.

I modelli ideali di un reattore chimico e gli elementi fondamentali di calcolo in condizioni isoterme e no, in presenza di una reazione singola e di un sistema complesso di reazioni chimiche; resa, selettività e problemi di ottimo. Analisi del funzionamento di un reattore chimico: determinazione dello stato stazionario; 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 fluidodinamici ideali. Elementi di calcolo di reattori catalitici eterogenei. Modelli di calcolo per reattori a letto fisso e a letto mobile.

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

Testi consigliati:

Per la teoria del reattore chimico:

- 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: coppie cinematiche in condizioni di attrito secco, gradi di libertà di un meccanismo, forze interne, lavoro di attrito, rendimento, usura, coppie cinematiche lubrificate.

I concetti generali introdotti vengono poi applicati nello studio dei principali meccanismi impiegati nella trasmissione del movimento: quadrilatero articolato, manovellismo di spinta, glifo a croce, giunto di Cardano, 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.

Alcuni degli argomenti del corso vengono svolti con riferimento ai problemi costruttivi di organi di macchine 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 materiali 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-alogenoterma: titanio, zirconio, uranio; la metallurgia elettrochimica: problemi generali; idroelettrometallurgia e elettrometallurgia in sali fusi; preparazione dell'alluminio; alluminio: 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: **Francesco Santarelli** prof. straord.

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.
- 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, *Principi 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: **Franco P. Foraboschi** 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 fluidodinamici semplici e di un'analisi condotta nell'ambito della termomeccanica dei mezzi continui.

Programma

1. Modelli fluidodinamici 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 convezione; 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 convezione 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, Fovrier, 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*. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, 1968.

M.M. DENN, *Process Fluid Dynamics*. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, 1980.

5802

PROPRIETA' TERMODINAMICHE E DI TRASPORTODocente: **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, coef-

ficienti di diffusione in miscele binarie. Diffusione in miscele multicomponenti.

Turbolenza, fluttuazioni e grandezze mediate, teorie fenomenologiche della turbolenza (ipotesi di Boussinesq, teoria lunghezza di mescolanza), profili universali di velocità.

Equazioni integrali di bilancio di materia, quantità di moto, energia (totale, termica e meccanica) per una corrente fluida.

Trasporto interfacciale di quantità di moto, fattore d'attrito, coefficiente di forma e di trascinamento, relazioni per il calcolo del fattore d'attrito, calcolo di perdite di carico.

Trasporto interfacciale di calore, coefficiente di convezione termica, numero di Nusselt, analogie di Reynolds, di Prandtl, di Lewis-Whitman, e di Chilton e Colburn fra trasporto di calore e di quantità di moto.

Trasporto interfacciale di materia, coefficiente di trasporto di materia, numero di Sherwood, numero di Sherwood generalizzato; analogie fra trasporto di materia e di quantità di moto, modello del rinnovo superficiale per il calcolo dei coefficienti di trasporto. Applicazione a problemi di particolare interesse per l'industria chimica.

Testi consigliati:

F.P. FORABOSCHI, *Principi di ingegneria chimica*, UTET.

R.B. BIRD, W.E. STEWART, M.E. LIGHTFOOT, *Fenomeni di trasporto*, CEA, Milano, traduzione di "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: Principi di ingegneria chimica.

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

2235

SCIENZA DEI MATERIALI

Docente: **Franco Sandrolini** prof. straord.

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. Metalli. Ceramiche e vetri. Polimeri e copolimeri; ordine strutturale, cristallinità e proprietà fisiche e tecnologiche. Imperfezioni (dinamiche e statiche, di equilibrio e di non

equilibrio) 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; "leghe polimeriche" e copolimeri. Processi di non equilibrio nei materiali: segregazione, involuppi, reazioni anomale tra fasi, etc., nucleazione ed accrescimento di nuove fasi.

Trasporto di materia e struttura dei materiali. Leggi di Fick. Esempi ed applicazioni. Effetto Kirkendall. Diffusione nei materiali policristallini (metallici, ceramici e polimerici). Sinterizzazione e metallurgia delle polveri.

Proprietà meccaniche dei materiali. Elasticità lineare e non lineare. Plasticità e meccanismi di deformazione plastica nei materiali. Incrudimento, riassetto e ricristallizzazione nei metalli. Comportamento meccanico dei materiali ceramici. Comportamento meccanico dei materiali polimerici. Viscoelasticità. Modelli reologici. Frattura nei materiali. Teoria di Griffith, Irwin, etc.

Cenni alle proprietà elettriche dei materiali: conduttori, semiconduttori, isolanti.

Criteri generali di scelta dei materiali. Sicurezza ed affidabilità. Scelta in base alle condizioni di impiego. Scelta dei materiali per impieghi strutturali. Resistenza caratteristica. Normativa e applicazioni.

Testi consigliati:

J. WULFF (et. al.), *Struttura e Proprietà dei Materiali*, Vol. 4, CEA, Milano, 1976.
A.G. GUY, *Introduction to Material Science*, Ed. McGraw-Hill, 1975.

Propedeuticità consigliate:

Chimica Applicata, Chimica Fisica, Scienza delle costruzioni.

Sono previste *esercitazioni* settimanali su calcoli pratici, su argomenti collaterali e sulla determinazione sperimentale di alcune proprietà dei materiali.

Esame orale.

Tesi di Laurea:

Proprietà elettriche di materiali polimerici e compositi. Proprietà meccaniche e microstruttura di materiali compositi polimerico-cementizi. Proprietà meccaniche (con particolare riguardo alla frattura) e microstruttura di materiali ceramici. Sinterizzazione di materiali ceramici. Proprietà ed applicazioni di materiali speciali. Processi tecnologici e produttivi di materiali.

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 ca-

pitoli 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.

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 assiemi 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.

Testi consigliati:

NERI, *Progettazione e sviluppo degli impianti chimici*, Ed. Vallecchi, Firenze.
API STANDARD 650, *Welded Steel Tanks*, American Petroleum Institute.

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 riferenti 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. (supplente)

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 ottimizzazione 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 ottimizzazione: 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:

- 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.

- 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 minerali. 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 sottterraneo 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 artifici da mina. Teoria dell'abbattimento. Disposizione delle mine negli scavi. Lo sgombrò 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, educazione.

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 traccamenti. 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.

6462

CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE

Docente: Antonio Natali prof. inc.

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Chimica).

4125

CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI

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

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Civile Idraulica).

4131

DIFESA E CONSERVAZIONE DEL SUOLO

Docente: **Alberto Bizzarri** prof. ass.

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Civile Idraulica)

275

ELETTROTECNICA (per Chimici e Minerari)

Docente: **Maria Laura Ambrosini** prof. inc. stab.

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Chimica)

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 marca-tempo. 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 cronostatigrafiche; 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 segre-

gazione 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. Province 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: **G. Brighenti** prof. ord. (supplente)

1. *Il ciclo dell'acqua*
2. *Caratteristiche delle acque*
3. *Elementi di geoidrogeologia*; Equazione del moto dell'acqua nelle falde confinate e non confinate, Prove di strato
4. *Le opere di captazione delle acque sotterranee*
5. *Le acque termominerali*; Le origini e la composizione, La temperatura delle acque termominerali, Classificazione delle acque minerali e termominerali, Schemi idrogeologici delle acque termominerali, I meccanismi di emergenza, Le captazioni e le norme igienico-sanitarie relative all'utilizzazione ed alle conservazione delle acque termominerali
6. *Le acque termali come fonte di energia*; I vapori endogeni.

IMPIANTI MINERARIDocente: **Fulvio Ciancabilla** prof. straord. (supplente)*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 eduazione. 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 nonché 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 sottosaturato; 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 equazioni 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 ricupero assistito. Lo spiazzamento degli idrocarburi. Questioni relative alla stabilità delle superfici di separazio-

ne 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 recupero 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) CRICLOW, *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 Parentini** 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 ciclo 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 elastico – 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 roccia e terreno.

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 ouvrages 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) *Genesis 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 im-

nerali 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. Province petrografiche.

D) *Aspetti applicativi della Petrografia*. Caratterizzazione delle rocce in funzione delle loro proprietà fisiche e tecniche. Relazioni fra proprietà fisiche e composizione. Problemi di idoneità e caratterizzazione delle rocce utilizzabili come materie prime per specifici prodotti industriali.

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 fluidodinamica dei fluidi in giacimento e dei sistemi roccia serbatoio/fluidi contenuti, nonché 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. CHERICI, *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. straord.

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 comminazione e classificazione granulometrica, sia per l'arricchimento di grezzi minerali, nonché 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 55^a, 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, nonché 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 desolfurazione e sul degasolinaggio. Trattamento in campo dell'olio: caratteristiche dei greggi, impianti di stabilizzazione, emulsioni e loro trattamento, cenni sulla desalificazione. Impianto di iniezione per il recupero secondario. La produzione in mare. Il trasporto degli idrocarburi, aspetti tecnici ed economici. Il moto dell'olio e del gas nelle condotte: reologia dei greggi. 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.

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.

1019

TECNICA DEI SONDAGGI

Docente: **Giovanni Brighenti** prof. ord.

Finalità del corso: fornire le conoscenze fondamentali sulle principali tecniche di perforazione. Fornire le cognizioni necessarie per la progettazione dei pozzi per idrocarburi, per acqua e per vapori endogeni. Indicare le tecniche più opportune per la progettazione e l'esecuzione dei sondaggi geognostici e delle prove geotecniche in situ.

Programma

Metodi di perforazione

- Perforazione a percussione: descrizione dei principali metodi e relativi impianti.
- Perforazione a rotazione — 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.

- Criteri di progettazione dei pozzi per idrocarburi.
- Criteri di progettazione e di messa in produzione dei pozzi per acqua.
- 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.

Durante il corso vengono svolte esercitazioni di calcolo, di laboratorio e visite a impianti.

Testi consigliati

CRAFT, HOLDEN, GRAVES, *Well Design: Drilling and Production*, Prentice Hall.
 GATLIN, *Petroleum Engineering: Drilling and Well Completion*, Prentice Hall
 Pubblicazioni dell'Istituto Francese del Petrolio, ed. Technip.

CAMBEFORT, *Forages et Sondages*, ed. Eyrolles.

PIMIENTA, *Le captage des eaux souterraines*, ed. Eyrolles.

MABILLOT, *Le forage d'eau*, ed. Crep Johnson.

TORNAGHI, *Indagini geognostiche*, ed. Rodio.

Associazione Geotecnica Italiana — Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

Esami orali.

Propedeuticità consigliate: Scienza delle costruzioni, Idraulica, Geologia.

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 sotterraneo. La misura delle distanze mediante onde. Esempi di distanziometri ad onde. Teoria della compensazione delle misure. Variabili statistiche. Osservazioni dirette ed osservazioni condizionate.

Operazioni per il rilievo topografico. Punti di inquadramento e punti di dettaglio: triangolazioni, metodi di riattacco, poligonali e rilievo di dettaglio. Rilievo altimetrico, la livellazione geometrica di precisione. Determinazioni speditive di coordinate geografiche mediante osservazioni astronomiche con particolare riferimento alle applicazioni 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 miniera. Altimetria sotterranea. Livellazione trigonometrica e geometrica. Supporti e mire particolari. Livellazione idrostatica e sua utilizzazione in miniera. Dispositivi ed accorgimenti particolari per seguire le deformazioni delle gallerie nel tempo. Applicazione della livellazione per studiare l'abbassamento del suolo in conseguenza di lavori in miniera. Rilievi di profili nelle gallerie. Materializzazione di punti di profili. Tracciamento di gallerie.

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 floglie. 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. SEGUIDI, *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: **Luigi Cerofolini** prof. ass. (Elettronici A-K)

Carlo Ravaglia prof. inc. stab. (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

Proprietà elementari della retta reale. Valore assoluto. Intervalli. Estremi di un insieme numerico. Successioni numeriche. Definizioni e prime proprietà del limite. Operazioni sui limiti. Limiti infiniti. Successioni monotone. Il numero e . Serie numeriche. Criterio di Cauchy. Proprietà delle serie a termini positivi. Assoluta convergenza. Criteri del confronto, della radice e del rapporto. Serie geometriche.

Struttura lineare di \mathbb{R}^n , somma di vettori e prodotto per uno scalare. Prodotto scalare. Norma e distanza. Intorni di un punto. Interno, aderenza, frontiera e derivato di un insieme. Insiemi aperti, insiemi chiusi e loro proprietà. Insiemi connessi e componenti connesse di un insieme. Successioni di punti. Insiemi compatti e loro caratterizzazione. Insiemi convessi. Insiemi prodotto.

Sul concetto generale di funzione da \mathbb{R}^n a \mathbb{R}^m . Funzioni numeriche di una variabile, di più variabili e funzioni a valori vettoriali. Interpretazione geometrica. Funzioni continue in un punto e su un insieme. Teorema della permanenza del segno. Stabilità delle funzioni continue rispetto alle operazioni algebriche e alla composizione. Uniforme continuità. I teoremi di Weierstrass, di Heine-Cantor e di Bolzano. Il teorema del valore intermedio. Continuità della funzione inversa. Funzioni continue monotone e loro inverse. Le funzioni inverse delle funzioni elementari. Estremi di una funzione numerica. Teorema di Weierstrass sul massimo.

Sul concetto di limite per le funzioni. Limite delle funzioni monotone. Simboli di Landau. Applicazioni al calcolo dei limiti.

Trasformazioni lineari e matrici. Operazioni sulle matrici. Funzioni differenziali. Differenziale totale e matrice jacobiana. Interpretazione geometrica. Continuità delle funzioni differenziabili. Differenziazione della somma e del prodotto per uno scalare. Differenziazione delle funzioni composte. Rappresentazione della matrice jacobiana nei casi $m = n = 1$, $m = 1$ e $n > 1$, m e $n > 1$. Derivate ordinarie e derivate parziali. Applicazioni delle derivate ordinarie. Teoremi di Rolle, del valor medio. Caratterizzazione delle funzioni monotone derivabili. Grafico delle funzioni elementari. Relazioni fra derivabilità parziale e differenziabilità. Teorema del valor medio

in più variabili. Formula di derivazione delle funzioni composte via le matrici jacobiane. Derivate di ordine superiore. Teorema di Schwarz. Formula di Taylor in una e più variabili. Punti critici. Massimi e minimi locali. Matrici hessiane.

Testi consigliati:

L. CEROFOLINI, *Calco, Corso di Analisi Matematica I*, Pátron.

1356

ANALISI MATEMATICA II

Docenti: **Pier Luigi Papini** prof. straordinario. (Elettronici A-K)

Bianca Rosa Bellomo prof. incaricata. (Elettronici L-Z)

Programma

Successioni e serie di funzioni — Serie di potenze — Cenni sulle funzioni di variabile complessa.

Calcolo differenziale in R^n . Funzioni implicite. Massimi e minimi.

Integrazione in R^n .

Curve e superficie. Integrali curvilinei. Campi vettoriali e potenziali. Integrali di superficie; teoremi di Green, Gauss, Stokes.

Equazioni e sistemi differenziali.

Testi consigliati:

J.P. CECCONI, G. STAMPACCHIA, *Analisi Matematica II*, (Funzioni di più variabili), Ed. Liguori (Napoli).

E. GIUSTI, *Analisi Matematica*, Vol. II, Libreria Pellegrino, Pisa.

E. LANCONELLI, E. OBRECHT, *Dispense di Analisi Mat. II*, vari fascicoli, Ed. Pitagora (Bologna).

Propedeuticità consigliate: è opportuno che gli studenti sostengano prima l'esame di Geometria (oltre — naturalmente — quello di Analisi Matematica I).

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.

6464

CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE

Docenti: **Remo Rossi** prof. ord. (supplente) (Elettronici A-K)

Paolo Toth prof. straord. (inc.) (Elettronici L-Z) (Nucleari)

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.

Struttura, efficienza e correttezza dei programmi

Metodologie di progetto dei programmi. Sviluppo graduale dei programmi, modularità, modificabilità. Problemi di ricerca, identificazione, correzione errori.

Analisi degli algoritmi

Cenni ai metodi formali per la dimostrazione della correttezza 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.

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. Alberi binari ed alberi B. 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.

Gli *esami* constano di una prova scritta sugli algoritmi, sui linguaggi di programmazione FORTRAN e PASCAL 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 (strutturazione dei programmi); definizione di algoritmi; strutture di dati. Linguaggi di programmazione.

5698

CAMPI ELETTROMAGNETICI E CIRCUITI IDocenti: **Giancarlo Corazza** prof. ord. (Elettronici A-K)**Vittorio Rizzoli** prof. straord. (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 riflettanza e immet-tenza.

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 IIDocente: **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. Involuppi 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 diodi 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

CHIMICADocenti: **Flavio Zignani** prof. straordinario (Elettronici A-K)**Bruno Fortunato** prof. associato (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 e di meccanica 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. Funzioni termodinamiche di un gas perfetto.

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.

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 poldrome. 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 IDocenti: **Leonardo Calandrino** prof. ord. (Elettronici A-K)**Gianni Immovilli** prof. ord. (Elettronici L-Z)*Finalità del corso*

Il corso si propone di fornire i criteri di progetto dei collegamenti per telecomunicazioni mediante lo studio sistematico dei collegamenti stessi.

*Programma**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 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.

Elementi di teoria dell'informazione.

Entropia di una sorgente di informazione discreta. Il teorema fondamentale sulla codificazione. Capacità di un canale discreto. Entropia di una sorgente di informazione continua. Capacità di un canale continuo. La formula di Hartley e Shannon.

Esercitazioni in aula ed in laboratorio; queste ultime si svolgono congiuntamente a quelle di Elettronica applicata I, la loro frequenza è facoltativa e gli studenti interessati sono tenuti a iscriversi presso l'Istituto di Elettronica entro il 10 novembre.

Testi consigliati:

E. DE CASTRO, *Fondamenti di Comunicazioni elettriche*, Zanichelli, Bologna.

Esami orali.

Propedeuticità consigliate: Complementi di matematiche, Elettrotecnica I, Elettronica applicata I.

5700

COMUNICAZIONI ELETTRICHE IIDocente: **Giorgio Corazza** prof. ass.*Finalità del corso*

Il corso si propone di fornire i criteri di dimensionamento della rete di telecomunicazioni utilizzando le varie tecniche di commutazione, segnalazione e trasmissione.

*Programma**Rete di telecomunicazioni*

Funzioni svolte dalla rete di telecomunicazioni, servizi offerti. Integrazione dei servizi.

Dimensioni della rete, del mercato e dell'utenza. Conseguenze tecnico-economiche.

Organismi internazionali di coordinamento: ruolo dell'UIT e dei suoi Comitati consultivi. Piani di trasmissione, commutazione, segnalazione e numerazione. Piano regolatore telefonico nazionale.

Elementi di teoria del traffico

Grandezze che caratterizzano il traffico. Processo del traffico. Catene di Markov. Sistemi di code. Dimensionamento di sistemi soggetti a traffico telefonico. Formule B e C di Erlang. Traffico di trabocco.

Elementi di commutazione

Struttura di un centro di commutazione: funzioni di connessione di controllo e di segnalazione. Servizi offerti.

Commutazione a divisione di spazio e sua evoluzione: centrali manuali, centrali elettromeccaniche, centrali controllate elettronicamente. Sistemi di 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.

Rete integrata nei servizi e nelle tecniche.

Tecniche di trasmissione

Mezzi trasmissivi e loro impiego ai vari livelli gerarchici della rete. Trasmissione a due fili e a quattro fili.

Sistemi di trasmissione analogici. Segnali FDM e loro gerarchia. Rumore di intermodulazione. Progetto di collegamenti su linea e su ponte radio.

Sistemi di trasmissione numerici. Gerarchia numerica. Progetto di collegamenti su linea e su ponte radio.

Testi consigliati:

Appunti tratti dalle lezioni.

E. DE CASTRO, *Fondamenti di comunicazioni elettriche*, Zanichelli, Bologna.

Esami orali.

Esercitazioni in aula.

Propedeuticità consigliate: Comunicazioni elettriche I, Elettronica applicata II (già Tecnica degli impulsi), 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 IIDocente: **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, regolatori, controllo delle perturbazioni.
- 4 - Applicazioni del controllo ottimo in retroazione; il luogo quadratico delle radici; l'insegnamento del modello.
- 5 - 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 nello svolgimento di un esercizio e domande sulla linea logica dei procedimenti illustrati a lezione (è ammesso aiutarsi col testo per le formule più complesse che si devono richiamare).

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.

4126

CONTROLLO DEI PROCESSIDocente: **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 utilizzando 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. (supplente) (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

ELETRONICA APPLICATA IDocenti: **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 prescindendo 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-poli 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 amplificatori per piccoli segnali; stadi amplificatori con transistori. Circuiti equivalenti a due parametri del transistor e 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

ELETRONICA APPLICATA IIDocenti: **Giorgio Baccarani** prof. straordinario. (Elettronici A-K)**Bruno Riccò** prof. straordinario. (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 funzionamento del transistor bipolare: le equazioni di Ebers-Moll. Caratteristiche di ingresso-uscita nelle diverse connessioni in forma grafica ed analitica. Il transistor come interruttore comandato. Il modello a controllo di carica. Il transistor MOS: principi di funzionamento e sua equazione caratteristica. 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. Transistori 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 transistori 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/O. 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 transistori. Struttura e funzionamento del "sense amplifier" nelle memorie dinamiche MOS ad 1 transistori per cella.

Testi consigliati:

Dispense del corso scritte dal Prof. De Castro e dall'Ing. G. Corazza, Coop. Libreria Universitaria.

G. BACCARANI, *Dispositivi MOS*, Collana Scientifica Telettra, Pàtron.

TAUB, SCHILLING, *Digital Integrated Electronics*, McGraw-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, polioidi 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

ELETRONICA INDUSTRIALE

Docente: **Eugenio Faldella** 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.), interruptori 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: architettura di sistemi a microprocessore, 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 Electric 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

ELETRONICA 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. straord. (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: richiamare ed approfondire le questioni di Elettromagnetismo in parte viste al biennio, anche al fine di omogeneizzare la preparazione di allievi di diversa provenienza - sviluppare abbastanza ampiamente lo studio dei circuiti elettrici e magnetici e delle questioni energetiche ad essi relative, in vista dei numerosi riagganci con i corsi "a valle" di quello in questione.

Programma

Equazioni generali dell'elettromagnetismo (forma locale ed integrale; equazioni di legame materiale; condizioni di continuità sulla superficie fra 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, soluzione di reti elettriche, 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, coefficienti di auto e mutua induzione, isteresi magnetica, magneti permanenti) — *Elettromagnetismo quasi — stazionario* (definizioni e ipotesi, circuiti a costanti concentrate, generalizzazione delle leggi di Ohm e di Kirchoff) *Transitorio dei circuiti elettrici* (posizione del problema, dati e valori iniziali, ricerca delle correnti transitorie e di regime, esempi vari) *Bilancio energetico dei sistemi elettromagnetici* (equazione generale di bilancio-*Energie conservative*: elettrica e magnetica-*energie dissipate*: effetto Joule ed isteresi magnetica-*forze*: fra le armature di un condensatore, in un elettromagnete, ecc.) *Correnti alternate* (definizioni fondamentali, metodo simbolico, leggi simboliche di Ohm e di Kirckoff, applicazioni varie, potenze attiva e reattiva, rifasamento) — *Sistemi trifasi* (proprietà fondamentali, utilizzatori a stella e a triangolo, potenze e relative misure, sistemi trifase con neutro).

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).

Il Corso di Elettronica I — tenuto dal Prof. Ciampolini — sarà preceduto da una serie di lezioni sui prerequisiti che si daranno per scontati negli allievi che frequenteranno il corso medesimo.

Tali lezioni, ovviamente facoltative e non necessarie a chi tali prerequisiti già possiede, hanno lo scopo di uniformizzare la preparazione degli allievi provenienti da bienni diversi.

Esse si svolgeranno nella decade immediatamente precedente l'inizio del corso ufficiale (per un totale di 10-12 ore) secondo il seguente programma:

- 1) Richiami di calcolo vettoriale: concetti di circuitazione, flusso, vettori solenoidali, flusso concatenato;
- 2) operatori vettoriali: gradiente, divergenza, rotazionale, laplaciano;
- 3) fenomeni descrivibili con due vettori localmente proporzionali, uno dei quali solenoidale;
- 4) definizioni delle grandezze fondamentali che intervengono nello studio dell'Elettromagnetismo: carica elettrica, densità di carica elettrica, corrente elettrica, vettore densità di corrente elettrica, campo elettrico, induzione magnetica, momenti di dipolo (elettrico e magnetico), polarizzazione (elettrica e magnetica), campo magnetico ed induzione elettrica;
- 5) richiami sulle grandezze sinusoidali ed esponenziali — Metodo simbolico;
- 6) richiami sulla trasformata di Laplace;
- 7) alcuni richiami sui sistemi fisici lineari (legge della sovrapposizione degli effetti etc. . .).

6795

ELETTROTECNICA IIDocente: **Ugo Reggiani** prof. straord. (supplente)*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*, 3^a Ed., Pergamon Press, Oxford.

F. CIAMPOLINI: *Fondamenti di elettrotecnica: macchine*, UTET, Torino.

1369

FISICA IDocenti: **Franco Verniani** prof. straordinario. (Elettronici A-K)**Gianni Vannini** prof. assistente. (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 cartesiane 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 traslazione, 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 gravitazione universale; verifiche sperimentali dirette e determinazione della costante gravitazionale. 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. Libreria 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. Libreria 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

dati — 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.

Termodinamica dei sistemi aperti — Definizioni — Equazioni di bilancio di massa, di energia, di entropia — Bilancio della energia meccanica.

Fluidodinamica

Meccanica dei fluidi – Aspetti fisici del moto di un fluido – Viscosità – Moto laminare e moto turbolento – Strato limite dinamico – Equazioni fondamentali del moto isoterma – Alcune soluzioni per regime laminare – Analisi dimensionale – Onde acustiche: trattazione matematica.

Moto dei fluidi in condotti – Equazioni integrali – Perdite di carico – Condotte nelle quali sono inserite macchine – Misure di velocità e di portata.

Termocinetica

Conduzione – Legge di Fourier – Equazione di Fourier – Conduzione stazionaria – Conduzione in regime variabile: cenni – Conduzione con generazione di calore – Conduzione in mezzi anisotropi: cenni – Analogia elettrica.

Convezione – Equazioni fondamentali del moto non isoterma – Analisi dimensionale – Similitudine – Strato limite termico – Convezione forzata – Convezione naturale e mista.

Irraggiamento termico – Generalità e definizioni – Leggi dell'irraggiamento – Fattori di forma e loro proprietà – Applicazioni relative al mutuo scambio radiativo tra i corpi neri o grigi.

Contemporanea presenza di diverse modalità di scambio – Generalità – Convezione ed irraggiamento – Coefficiente globale di scambio termico – Superfici alettate.

Testi consigliati:

A. COCCHI, *Termofisica per Ingegneri*, Editore Petroni, Bologna, 1975.

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

GEOMETRIADocente: **Massimo Ferri** 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:

I. CAVALIERI D'ORO – M. PEZZANA, *Corso di Geometria*, Vol. I e II (parte V e VI), (Ed. Petroni - Bologna).

5573

GESTIONE DELL'INFORMAZIONEDocente: **Paolo Tiberio** prof. ord.*Programma*

1. Caratteristiche fisiche dei dispositivi impiegati come memorie di massa. I nastri magnetici, i tamburi, i dischi a teste fisse e a teste mobili. Il sistema di 1/10 dei calcolatori e gestione dei dispositivi precedenti. Definizione di record, file, base di dati.

2. Gestione dei dispositivi ad accesso sequenziale (nastri magnetici). Algoritmi di sort/merge. Tecniche di manipolazione dei file; tecniche di aggiornamento, cancellazione ed inserzione di record. Gestione dei dispositivi ad accesso diretto (dischi). Organizzazione della struttura fisica dei dati, Tecniche di accesso. Tecniche ed algoritmi per la gestione di liste, multiliste, liste invertite, sequenzialmente indicate, strutture gerarchiche, strutture reticolari.

3. Il sottosistema per la gestione dei file. Sottoprogrammi per l'allocazione dello spazio e per la gestione dei cataloghi. Algoritmi per l'allocazione dinamica della memoria centrale. Algoritmi di compattamento. Tecniche di progetto e di analisi degli algoritmi di sort/merge.

4. Integrazione dei dati. Concetto di base di dati. Il sistema per la gestione di una base di dati. I tre modelli fondamentali: il modello gerarchico, il modello reticolare e il modello relazionale. Confronto dei tre modelli e loro applicabilità nella pratica. I linguaggi per costruzione delle basi di dati. I linguaggi per l'interrogazione e l'aggiornamento. Analisi dei sistemi più noti sul mercato. Le tendenze di sviluppo.

5. Applicazioni gestionali dei calcolatori. Cenni di altre applicazioni non tecnico/scientifiche dei calcolatori. Impatto sull'organizzazione del lavoro. Aspetti economici.

504

IMPIANTI ELETTRICIDocente: **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 tarif-

ficazione 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 ge-

nerale 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 construction for digital computers*.
- 3) N. WIRTH, *Systematic 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 software 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 tratta lo studio delle macchine a fluido da un punto di vista sia cinematico, statico e dinamico che termofluidodinamico.

Programma

Richiamati i bilanci energetici, le trasformazioni termiche e gli scambi di energia, vengono trattate le turbine a vapore, le macchine frigorifere e i compressori alternativi.

Nel seguito sono studiati i cicli delle turbine a gas e le relative macchine, i cicli ideali e reali dei motori a combustione interna ad accensione per compressione e ad accensione comandata con studio delle architetture e dei criteri di proporzionamento.

Completano il corso le macchine idrauliche (turbine Pelton, Francis, Kaplan e pompe centrifughe) e gli scambiatori di calore; in particolare si studiano i condensatori a vapore e qualche architettura di generatori di vapore.

Sono poi forniti cenni sulla regolazione ed il controllo di alcuni tipi di macchine e circuiti studiati.

Con riferimento alle suddette macchine vengono trattati i seguenti argomenti: 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 vibratorii sulle macchine. Dinamica delle macchine rotanti e alternative.

Testi consigliati:

FUNAIOLI E., *Meccanica applicata alle macchine*, Ed. Patron.

GIACOSA D., *Motori endotermici*, Ed. Hoepli.

MINELLI G., *Macchine idrauliche*, Ed. Pitagora.

MINELLI G., *Turbine a gas*, Ed. Pitagora.

MORANDI G., *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, addestrandolo 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 piana; 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, fun-

zione 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, risonanza 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.

Il corso si propone di far comprendere allo studente le caratteristiche essenziali di ogni processo di acquisizione sperimentale di dati e di fornirgli le nozioni fondamentali di calcolo delle probabilità e analisi statistica che si utilizzano in tali processi.

Programma

Considerazioni preliminari, intese a giustificare la necessità dell'impiego di pro-

cedimenti statistici, e quindi della conoscenza del calcolo delle probabilità nell'ambito della misura delle grandezze fisiche e, più in generale, dell'osservazione di fenomeni naturali.

Elementi di calcolo delle probabilità. — Introduzione intuitiva del concetto di probabilità, definizione "classica" e "frequentista", loro limiti. Impostazione assiomatica del calcolo delle probabilità. Probabilità condizionate, teorema di Bayes, indipendenza stocastica. Esperimenti combinati, prove ripetute.

Variabili aleatorie, funzioni di distribuzione, momenti. V.a. suscettibili di assumere un numero finito di valori, distribuzioni binomiale, ipergeometrica, uniforme. V.a. pluridimensionali, distribuzioni condizionate e marginali, covarianza; la distribuzione multinomiale.

Proprietà delle somme di v.a..

Teoremi di Tchebycheff e di Bernoulli, legge (debole) dei grandi numeri.

V.a. ad infiniti valori discreti; distribuzioni geometrica, binomiale negativa, di Poisson (anche come approssimante la binomiale).

V.a. continue uni- e pluridimensionali; funzioni di densità di probabilità; funzioni di v.a.. Distribuzione normale; teorema di De Moivres, cenno al teorema di convergenza stocastica; distribuzione binormale. Distribuzioni di tipo gamma, X^2 , esponenziale; distribuzioni di Student e di Fischer.

Elementi di analisi statistica. — Cenni di statistica descrittiva: rappresentazioni per attributi e per variabili; distribuzioni empiriche, loro parametri di posizione e di dispersione.

Teoria dei campioni: stime, criterio di massima verosimiglianza, metodo dei momenti. Stima del v.m. e della varianza. Intervalli di confidenza. Il test X^2 ed alcuni altri problemi di verifica di ipotesi. Correlazione, regressione; il metodo dei minimi quadrati. Cenni sull'analisi della varianza.

Misura delle grandezze fisiche. — Inquadramento generale di questioni già affrontate in altri corsi. Errori nelle misure dirette ed indirette, applicazioni specifiche dei metodi dell'analisi statistica precedentemente studiati.

Testi consigliati:

Attualmente, dispense fotocopiate. Per chi volesse approfondire gli argomenti svolti nel corso si consiglia:

- A. PAPOULIS, *Probabilità, variabili aleatorie e processi stocastici*, (editore Boringhieri, Torino, 1973)
per la teoria della probabilità, e:
- T.H. WONNACOTT e R.J. WONNACOTT, *Introduzione alla statistica*, (editore Franco Angeli, Milano, 1982)
per la statistica.

Gli *esami*, orali, possono contemplare semplici esercitazioni numeriche. Al di fuori delle sessioni ufficiali d'esame, si tengono appelli straordinari, con periodicità di massima mensile.

Si ritengono *propedeutici* i corsi di Analisi matematica I e II, e il corso di Fisica I.

5701

METODI DI OTTIMIZZAZIONEDocente: **Paolo Toth** prof. straord.

Scopo del corso è delineare la problematica connessa all'ottimizzazione statica, ovvero programmazione matematica, e fornire un panorama sufficientemente dettagliato dei metodi di risoluzione.

Programma

- Classificazione dei problemi di ottimizzazione.
- Risoluzione analitica di problemi di piccole dimensioni. Condizioni di Lagrange e Kuhn-Tucker.
- Generalità sui metodi numerici. Convergenza. Efficienza. Metodi numerici per la risoluzione di problemi unidimensionali.
- Problemi di programmazione lineare. Presupposti per la ricerca delle soluzioni fra un numero finito di elementi. Algoritmi del simplesso. Dualità.
- Problemi di programmazione non lineare. Metodi numerici per la risoluzione di problemi non vincolati (Newton-Raphson modificato, gradiente, direzioni coniugate, derivati da Newton, ricerca diretta) e di problemi vincolati (funzione di penalizzazione, proiezione del gradiente, programmazione geometrica, programmazione dinamica). Ottimizzazione esplorativa.
- Considerazioni generali sull'utilizzazione dei metodi di risoluzione. Applicazioni. Risoluzione di particolari problemi di controllo ottimo, riconducibili alla programmazione matematica.
- Teoria dei giochi. Risoluzione mediante la programmazione lineare.

Testi consigliati

M. TIBALDI, *Tecniche di programmazione non lineare*, Pitagora, Bologna.
 Appunti informali redatti a cura del Docente.

Lo svolgimento dell'*esame* consiste in una prova orale. Appelli settimanali a richiesta.

Tesi di laurea: sviluppo e ricerca di (nuovi) metodi numerici per la risoluzione di problemi di ottimizzazione (indirizzo teorico); sviluppo e messa a punto di programmi per la realizzazione di metodi numerici e risoluzione di problemi pratici (indirizzo applicativo).

5702

MICROELETTRONICADocente: **Giovanni Soncini** prof. inc. stab.

Il Corso presuppone la sola propedeuticità di "Elettronica Applicata III", di cui sviluppa il filone dei dispositivi al silicio in senso nettamente orientato verso i problemi ingegneristici della progettazione dei circuiti integrati, con le necessarie premesse di carattere tecnologico.

*Programma**Introduzione al corso*

La tecnologia planare del silicio. Componenti discreti e circuiti integrati monolitici. Cenni sui circuiti integrati ibridi.

Processi fondamentali della tecnologia planare

Richiami e complementi sulle proprietà dei semiconduttori in generale e del silicio in particolare. Ossidazione termica: cinetica di crescita. Diffusione termica. Fenomeni di redistribuzione. Impiantazione ionica. Epitassia. Metallizzazione mediante evaporazione sotto vuoto. Fotolitografia e produzione delle maschere. Limiti di risoluzione attuali e prospettive.

Testing, scribing ed incapsulamento finale dei componenti discreti e dei circuiti integrati.

Componenti attivi e passivi dei circuiti integrati

Richiami sulle proprietà elettriche della giunzione p/n brusca e graduale. Giunzioni diffuse. Strutture MS ed MOS. Analisi e progetto di diodi planari per circuiti integrati. Richiami sulle proprietà elettriche del transistor bipolare non a giunzioni brusche. Transistori con profili graduati. Analisi e progetto di transistori planari per circuiti integrati. Strutture speciali: transistori multi-emitter e complementari. Resistori integrati monolitici. Resistori "pinched". Condensatori integrati monolitici del tipo a giunzione e MOS. Transistori MOS.

Progetto dei circuiti integrati

Considerazioni di carattere generale sul progetto di circuiti integrati numerici ed analogici. Tolleranze, affidabilità e rese di produzione. Esempio di progetto di un semplice circuito integrato bipolare oppure MOS.

Testi consigliati

Appunti informali redatti a cura del docente.

Esame orale, nel corso della quale si discute anche la soluzione di semplici problemi di progetto.

Propedeuticità consigliata: Elettronica applicata III.

2191

MICROONDEDocente: **Gabriele Falciasecca** prof. straord.

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 utilizzando 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.

Propedeuticità essenziali sono i corsi di "Campi elettromagnetici e circuiti I", "Comunicazioni elettriche I", "Elettronica applicata I".

Le *Tesi di laurea* sono o sperimentali o basate sull'applicazione dell'elaboratore elettronico a problemi di progetto.



1386

MISURE ELETTRICHEDocenti: **Mario Rinaldi** prof. straord. (Elettronici A-K)**Antonio Menchetti** prof. ass. (Elettronici L-Z)

Il corso si propone di fornire allo studente le conoscenze e le metodologie per individuare e risolvere i problemi che si presentano nel campo delle misure, ed i criteri per la valutazione, la scelta e l'impiego della strumentazione.

Programma

La misura delle grandezze elettriche.

I segnali elettrici come supporto fisico delle informazioni: la misura di grandezze non elettriche tramite trasduttori; i segnali analogici, i segnali numerici; la conversione analogico-numerica e numerico-analogica come fase di un processo di misura; le tele-misure; i sistemi di acquisizione di dati.

Determinazione dei segnali elettrici tramite parametri statici e registrazione in funzione del tempo.

Metrologia: richiami di metrologia generale; elementi di metrologia elettrica; richiami di teoria degli errori.

I parametri dei circuiti elettrici, componenti passivi e reti equivalenti.

La misura dei parametri statici: gli strumenti analogici, elettromeccanici ed elettronici; gli strumenti numerici; gli amplificatori per strumentazione; i convertitori statici; trasformatori di tensione e corrente; attenuatori.

La misura della potenza e della energia elettrica.

La misura della frequenza e degli intervalli di tempo con metodi numerici.

Le misure di tensione con metodi potenziometrici.

La misura di parametri di circuito: metodo voltamperometrico; metodi a ponte; metodi a risonanza.

Misure sui circuiti: circuiti a corrente continua, a corrente alternata monofase e trifase.

La rappresentazione dei segnali elettrici in funzione del tempo: l'oscilloscopio a raggi catodici; i registratori galvanometrici e potenziometrici. I registratori di transienti.

I registratori XY.

Il microprocessore nelle misure elettriche come parte di uno strumento per sostituire blocchi circuitali e per aumentare la capacità di elaborazione; il microprocessore come

dispositivo di gestione di sistemi complessi quali i sistemi di acquisizione dati ed i sistemi modulari di misura. Problemi di compatibilità: l'interfaccia RS 232 e l'interfaccia IEEE 488 (IEC 625).

I trasduttori (sensori) come elementi di ingresso in sistemi di acquisizione dati ed in sistemi automatici (robot): parametri caratteristici; principi fisici della trasduzione; tipi di trasduttore.

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

Docente: **Fabio Filicori**, prof. inc.

Il corso tratta delle tecniche e degli algoritmi per l'analisi e la progettazione dei circuiti elettronici con l'uso sistematico del calcolatore. La sua collocazione nell'indirizzo Microelettronica è motivata dalla sempre crescente complessità dei circuiti integrati che rende praticamente indispensabile al progettista la conoscenza di tecniche particolari orientate all'uso dei moderni mezzi di calcolo. Per l'indirizzo Telecomunicazioni il corso presenta particolare interesse data la necessità di ricorrere a metodi automatici di calcolo nella progettazione di circuiti attivi in frequenza.

Gli argomenti trattati costituiscono un insieme organico di interesse generale per il progettista di circuiti elettronici.

Generalità

Il calcolatore nella progettazione dei circuiti. Tecniche di interazione. Linguaggi per la descrizione dei circuiti e modalità di presentazione dei risultati dell'elaborazione.

Circuiti lineari

Formulazione automatica delle equazioni, algoritmi di connessione. Tecniche di soluzione di grandi sistemi, matrici sparse. Calcolo della sensibilità del circuito alle variazioni dei parametri: teorema di Tellegen e rete aggiunta. Analisi del rumore mediante la rete aggiunta.

Circuiti non-lineari

Analisi in regime stazionario ed in condizioni dinamiche: algoritmo di Newton-Raphson, formule di integrazione numerica e relativi equivalenti circuitali. Cenni sull'analisi di reti lineari a tratti. Analisi in regime periodico: tecniche di shooting e di bilancio armonico. Calcolo della distorsione. Analisi dei circuiti logici: simulazione e livello di gate, ritardi di propagazione, analisi dei guasti.

Ottimizzazione del circuito

Definizione della funzione obiettivo in relazione alle specifiche di progetto. Funzioni obiettivo di tipo minimax. Vincoli sui valori dei parametri del circuito. Caratteristiche generali degli algoritmi di minimizzazione.

Tolleranze dei componenti

Assegnamento ottimale delle tolleranze in relazione alle specifiche di progetto ed al costo di produzione. Funzione costo e regione di accettabilità. Formulazione del problema del "caso peggiore" in termini di programmazione non-lineare. Metodi statistici e determinazione della resa di produzione con tecniche di Monte-carlo.

Sono previste *esercitazioni* al calcolatore con semplici esempi di analisi e progetto.

Testi consigliati

L.O. CHUA, P.M. LIN, *Computer-Aided Analysis of Electronic Circuits: Algorithms and computational methods*, Ed. Prentice-Hall.

Verranno forniti appunti informali tratti dalle lezioni.

Propedeuticità consigliate: Calcolo numerico e programmazione, Elettronica applicata I, Campi elettromagnetici e circuiti I.

L'*esame* consiste in una prova orale.

877

RADIOTECNICA

Docente: **Gabriele Falciasecca** prof. straord. (supplente)

Il corso si pone l'obiettivo di fornire le basi necessarie alla comprensione e al progetto di massima dei sistemi impiegati come tronchi di una rete di telecomunicazioni o come radioaiuti per i mezzi mobili, e facenti uso della propagazione libera di onde e.m..

Programma

Parte prima — *Antenne e propagazione.*

Generalità sulla tratta radio: richiami di ottica; propagazione troposferica; propagazione ionosferica; segnali indesiderati captati dalle antenne; cenni sulle antenne.

Parte seconda — *Generalità sui sistemi radio.*

Tipi di modulazione; apparati trasmettenti e riceventi; qualità di trasmissione; causa della degradazione della qualità; schemi di modulatori, demodulatori e convertitori di frequenza.

Parte terza — *Segnali e reti di radio comunicazione.*

Cenni sulle reti; richiami sui segnali telefonici multiplati e televisivi; generalità sui radiocollegamenti.

Parte quarta — *Ponti radio.*

Impianti troposferici per telefonia a grande e a media distanza; impianti troposferici per televisione; impianti intercontinentali via satellite artificiale.

Parte quinta — *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.

L'esame consiste in una prova orale, con esposizione analitica di argomenti del programma del corso e discussioni sui compromessi che orientano la progettazione dei sistemi. Le esercitazioni riguardano prevalentemente alcuni approfondimenti e complementi della materia trattata nelle lezioni. 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

Docente: **Roberto Laschi** prof. straord.

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 grandezze 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. Particolare cura viene dedicata all'aspetto algoritmico ed alla definizione delle strutture dati più idonee per una efficiente implementazione degli algoritmi stessi.

Programma

- 1 - Richiami sulle *strutture dati*: liste (ad uno o più puntatori, circolari), code (FIFO, LIFO, prioritarie, heap, ...), strutture ad albero; *problemi di ordinamento*.
- 2 - *Complessità* computazionale degli algoritmi.

3 - Generalità sulla *teoria dei giochi, delle decisioni* e sulla *programmazione matematica*.

3.1. - *Programmazione lineare* - Interpretazione geometrica, proprietà delle soluzioni, forma canonica, *algoritmo del simplesso*, ricerca della soluzione di base iniziale, generazione, 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.

3.2. - Generalità sulla *programmazione lineare intera*: metodo dei *piani di taglio*, modelli matematici in cui intervengono variabili booleane (vincoli in alternativa, problemi di copertura, di caricamento, di investimento di capitali, ...). *Unimodularità*; problemi la cui matrice dei vincoli è totalmente unimodulare. L'algoritmo dei moltiplicatori per la risoluzione del *problema dei trasporti*.

3.3. - *Programmazione non lineare* vincolata e senza vincoli (cenni).

4 - *Ottimizzazione combinatoria e Teoria dei Grafi*.

4.1. - Definizioni relative ai *grafi orientati e non orientati*.

4.2. - Modelli matematici (min-sum e min-max) di problemi per i quali esistono *algoritmi polinomiali* (*alberi ed arborescenze, assegnamento lineare, cammini minimi, problemi di flusso* in una rete di trasporto); algoritmi ed applicazioni.

4.3 - *Tecniche di enumerazione implicita e di rilassamento* (*lagrangiano, surrogato, ...*): applicazioni a problemi per i quali non esistono algoritmi polinomiali (*ciclo e circuito hamiltoniano, assegnamento generalizzato, Knapsack semplice e multiplo*, problemi generali di Programmazione lineare interna, ...).

4.4. - *Tecniche reticolari* CPM e PERT per la programmazione dei lavori di un progetto.

4.5. - *Localizzazione ottima di servizi* in un territorio.

4.6. - *Programmazione dinamica* (cenni).

4.7. - *Sequenze ottime* di lavori su una o più macchine con (o senza) vincoli temporali o di precedenza.

5 - *Simulazione di sistemi discreti*.

5.1. - *Complementi di statistica*: generazioni di variabili aleatorie, il metodo della trasformazione inversa, distribuzioni discrete, ...

5.2. - 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).

5.3. - 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, ...

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

Docente: Eugenio D'Anna prof. inc. stab.

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'INFORMAZIONEDocente: **Giovanni Neri** prof. ass.*Argomenti del corso*

Deduzione dello schema a blocchi di un calcolatore tipo Von Neuman.

L'influenza della evoluzione della tecnologia dei componenti nella architettura di un sistema di calcolo. L'evoluzione della architettura di un sistema di calcolo attraverso le varie generazioni.

Definizione ad un primo livello di architettura e funzionale di una CPU. Influenza della scelta della lunghezza della parola e del formato dell'istruzione sulla architettura della CPU e sul set d'istruzioni di macchina. Tipi di istruzioni. Modalità di indirizzamento.

Definizione completa di un linguaggio (AHPL) per la descrizione e progettazione di un sistema numerico. Convenzioni per la progettazione e deduzione degli schemi logici che consentono di realizzare tutti gli statement del linguaggio sia nella loro componente ALU sia nei segnali di controllo; in particolare: i trasferimenti tra registri singoli e multipli in modo diretto e tramite bus, i trasferimenti tra registri con interposta una unità operativa, la realizzazione delle condizioni di branch sia condizionata sia incondizionata.

Progettazione di un sistema di calcolo di tipo "general purpose".

Definizione della architettura della CPU e del sistema, con vie di comunicazione a bus.

Definizione del set di istruzioni di macchina e verifica della loro sufficienza ed idoneità ad essere usate per un linguaggio H.L. Divisione del set di istruzioni in classi e studio della configurazione dei loro codici operativi perchè consentano una soluzione ottimizzata della Unità di Controllo del Sistema.

Progettazione della Unità di Controllo per una soluzione a logica cablata; la progettazione viene eseguita a livello dei singoli segnali di controllo per ciascuna delle istruzioni. La microprogrammazione. Elementi generali. Vantaggi e svantaggi della microprogrammazione. Il controllo del microprogramma.

Progettazione della Unità di Controllo per una soluzione a microprogramma.

Il sistema di interruzione: elementi generali, la funzione dell'interruzione, la priorità ed i suoi livelli, la realizzazione e gestione del sistema d'interruzione con diverse soluzioni in hardware e software. Progettazione di un sistema d'interruzione.

La Memoria del sistema di calcolo. L'organizzazione della memoria in livelli gerarchici. La memoria di lavoro nelle diverse tecnologie realizzative (elettronica e magnetica) e diverse strutture funzionali (RAM, ROM, ecc.).

Memoria virtuale: tecniche di gestione. La memoria di massa: dischi, tamburi, nastri; loro caratteristiche fisiche e funzionali. Unità di controllo dei singoli dispositivi e segnali di controllo; processori di I/O e canali di trasmissione delle informazioni.

Il sistema di Ingresso/Uscita. Elementi generali. Unità di controllo dei dispositivi. Interfacciamento.

Sistemi di calcolo a microprocessore. Studio della architettura di un sistema nelle sue componenti principali: CPU, memorie, unità di Ingresso/Uscita.

2038

STATISTICA APPLICATADocente: **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 BIOMEDICADocente: **Guido Avanzolini** prof. straord. (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. Tra-

sduttori 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, *Transducers 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 correttici.

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 correttici 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

1048

TECNOLOGIE ELETTRONICHE

Sostituito a tutti gli effetti, per il corrente a.a., dall'insegnamento (5702)
MICROELETTRONICA.

4115

TEORIA DEI SISTEMI

Docenti: **Roberto Guidorzi** prof. straordinario (Elettronici A-K)
Sergio Beghelli prof. incaricato 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. Controllabilità-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 sistemi lineari 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
- 1355 Analisi matematica II
- 1360 Chimica
- 1364 Disegno
- 1368 Fisica I
- 1373 Fisica II
- 1376 Geometria
- 1380 Meccanica razionale
- 1396 Controlli automatici
- 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

Docente: **Paolo Toth** prof. straordinario (inc.)

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica)

2046

CHIMICA FISICA DEI MATERIALI NUCLEARI

Docente: **Dario Nobili** prof. incaricato stab.

Il corso si propone di pervenire a trattare quantitativamente l'equilibrio nei sistemi mono e polifasici in funzione delle variabili T, P, C, nonché 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 temperatura, 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. straordinario.

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, controeazioni 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 Xenon.

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-torino 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 redistribuzione: 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.

COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE

Docente: **Benito Brunelli** prof. ord. (supplente)

(v. Corso di Laurea in Ingegneria Elettrotecnica)

4128

COSTRUZIONI NUCLEARIDocente: **Sergio Curioni** prof. ord.

Il corso si propone di fornire allo studente le conoscenze di base per la progettazione termostutturale dei componenti meccanici di un impianto nucleare. A tale scopo vengono approfondite le conoscenze sui materiali, sulla normativa di progetto, nonché 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 $T > 400^{\circ}\text{C}$.)
- 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 NUCLEAREDocente: **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 acceptance", — 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 NUCLEAREDocente: **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 \vec{B} e \vec{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 rotoria. 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* (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 — Aspet-

ti 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 termici, 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.

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.

Il corso si propone in primo luogo di fornire all'allievo ingegnere nucleare la metodologia di base per la comprensione dei fenomeni termofluidodinamici che avvengono nelle macchine motrici ed operatrici delle centrali di potenza convenzionali e nucleari. Questa indagine è strettamente correlata allo studio dei principali cicli a vapore, a gas, a fluidi pesanti e misti, già in uso o di prevista realizzazione in un prossimo futuro.

In un secondo tempo vengono individuate le grandezze e dedotte le curve caratteristiche delle predette macchine al fine di rendere definito il loro campo di utilizzazione e le loro prestazioni. Ciò richiede lo studio preliminare della loro costituzione e del loro modo di funzionare.

Programma

- I generatori di vapore: la combustione; l'estrazione del calore dai fumi ed il rendimento del generatore; architettura dei generatori di vapore.
- I generatori nucleari: il reattore a gas; il reattore ad acqua leggera; il reattore ad acqua pesante; i reattori veloci.
- La condensazione: condensatori a miscela e a superficie.
- I cicli degli impianti a vapore, semplici e misti. I cicli a gas a compressione semplice e polifase.
- Turbine a vapore: ad azione, a reazione, miste e a doppio flusso.
- Cicli e macchine frigorifere. I compressori di gas.
- Le turbine idrauliche; Pelton, Francis, elica e Kaplan.
- Le pompe centrifughe. Impianti di pompaggio.
- Motori a combustione interna: a carburazione; diesel.

Propedeuticità consigliate: Fisica tecnica, Scienza delle costruzioni, Meccanica delle macchine.

Testi consigliati

G. MORANDI, *Macchine ed apparecchiature a vapore e frigorifere*, Ed. Pitagora, Bologna.

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.

665

MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICI

Docente: **Francesco Negrini** prof. ass. (supplente)

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 – Turboalternatori 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 Magnetohydrodynamics*.

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.

MISURA DELLE RADIAZIONI E PROTEZIONEDocente: **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 singo-

le e di media, errore medio della media, distribuzione gaussiana e Poissoniana.

Camere di ionizzazione:

Teoria; a piatti paralleli — anello di guardia — particolari costruttivi, efficienza ai gamma. Ad aria libera o a gas in pressione.

Contatori Geiger:

Per beta — formazione dell'impulso, caratteristica, calcolo efficienza, dipendenza energia, catena di conteggio, spegnimento scarica.

Per gamma — determinazione efficienza.

Contatori proporzionali:

Caratteristica — uso integrale, analisi di impulsi.

Rivelatori a scintillazione:

Teoria scintillatori, scintillatori per beta, gamma, alfa, fotomoltiplicatori, fotocatodo, montaggio integral-lines, efficienza globale e parziale, alimentazione, spettrogramma, beta, alfa.

Emulsioni fotografiche:

Caratteristiche — dipendenza dall'energia per gamma, X, neutroni veloci; sistema Hurst; dosimetria personale.

Rivelazione dei neutroni:

Misura diretta, a protoni di rinculo, a reazione nucleare; camere a Boro-10 a ionizzazione, proporzionali. Camere a fissione, long-counters, rivelatori a stato solido.

Misura indiretta: a radioattività indotta; metodo a fogli sottili con cadmio. Rivelatori a soglia. Spettrometria neutronica a gruppi di energia. Dosimetria di criticità.

Parte III - Schermature.

Rischi da irradiazione:

Concetto di rischio, probabilità di dose, dose singola e cumulativa, analisi funzionale impianti, fisica sanitaria (concetti). Valutazione rischi, verifica dispositivi di protezione, controllo periodico sicurezza e protezione, calcolo e misura dosi. Statistiche dosimetriche, norme di schermaggio.

Materiali di schermaggio:

Per gamma, beta, neutroni lenti e veloci. Ferro, alluminio, piombo, calcestruzzi leggeri e pesanti al ferro, al serpentino, baritico, al Boro. Coefficienti di assorbimento, di scattering, di coefficienti di Build-up, sezioni d'urto di rimozione, lunghezza di rilassamento.

Trasformazione di geometria degli schermi:

Coefficiente di attenuazione puntiforme. Sorgente piana finita, infinita, sferica. Sorgente volumetrica piana a slab, infinita, finita, Sorgente lineare finita, infinita, sorgente sferica. Materiale schermante omogeneo o disomogeneo, nel vuoto.

Dose all'interno e all'esterno delle sorgenti distribuite. Diagrammi e tabelle delle principali funzioni di calcolo.

Schermaggio di reattori:

Analisi delle radiazioni uscenti - Calcolo degli schermi - Valutazioni preliminari e verifica di progetto - radiazione diretta e secondaria - Attenuazione di spettri energetici. Fattori occupazionali e dipendenza operativa.

Incidenti e analisi. Scelta del Sito:

Incidenti tecnici - Incidenti credibili - Incidenti ipotizzabili - Affidabilità dispositivi - Probabilità di incidente - Rischio di incidente - Analisi meteorologiche - Waste gassoso - Valutazioni dosi singole e globali - Analisi piani di intervento - Coefficiente di pericolosità del Sito.

Altri impianti (Cenni):

Industriali di radiosterilizzazione, radioinibizione alla germogliazione, radiostimolazione sementi, impianti X per radiodiagnostica, radioterapia, analisi macromolecolare, acceleratori di particelle, bombe al Co ed al Cs.

Esercitazioni - N. 10

Caratteristiche di un geiger - caratteristiche dei contatori proporzionali a BF_3 - caratteristica delle camere a ionizzazione e taratura - Taratura di contatore a BF_3 e di sonda alfa - caratteristica e taratura di analizzatore multicanale - analisi qualitativa gamma con analizzatore multicanale - analisi quantitativa con il metodo del confronto.

Analisi quantitativa di sorgente piana circolare finita con taratura di efficienza radiale con spettrometria gamma. Analisi qualitativa e quantitativa di campioni di terreno e vegetali per mezzo di analizzatore multicanale.

Calcolo schermatura primaria e secondaria di un laboratorio ospedaliero di medicina nucleare.

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 sono caratterizzate da una impostazione interdisciplinare.

Programma

Funzioni complesse di variabile complessa. Funzioni analitiche. Integrali nel

campo complesso. Residui. Serie di Taylor e di Laurent. Zerri e poli. Prolungamento analitico. Funzioni poldrome. 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.

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.

Ortogonalità e completezza in L_2 . Serie di Fourier. Teoremi di Parseval e Riesz-Fischer. Sistemi ortogonali e completi. I polinomi ortogonali classici.

Trasformata ed integrale di Fourier. Significato e proprietà dell'operazione. Applicazioni. Trasformata ed integrale di Laplace, ascisse di convergenza. Trasformata bilatera di Laplace. Alcune semplici funzioni di Green e loro significato.

Problemi di Sturm-Liouville regolari e singolari. Genesi e applicazioni delle funzioni speciali. Equazioni differenziali lineari ordinarie e teorema di Fuchs. Equazioni e funzioni ipergeometriche. Funzioni di Bessel e di Legendre. Funzione gamma di Euler.

Equazioni alle derivate parziali. Problema e teorema di Cauchy. Varietà 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 all'ingegneria nucleare.

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, ecc.).

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 macroeterogeneità "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 Helmholtz 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 strutturali — 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 riassetamento, 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 tecnico 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 (cenco), 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 (cenco), lavorazioni per asportazione di truciolo (tornitura, fresatura, foratura, piattatura, 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. straord.



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.*

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.

01-20 STD EGO



8 032919 996824

www.colibrisystem.com

06072

L. 2.000

BIBLIOTECA DI INDIRIZZI