

*guide ai programmi dei corsi 1996/97*



**SECONDA FACOLTÀ DI INGEGNERIA  
SEDE DI VERCELLI  
INGEGNERIA CIVILE  
INGEGNERIA ELETTRONICA  
INGEGNERIA MECCANICA**

**POLITECNICO  
DI TORINO**

Le *Guide* sono predisposte sulla base dei testi forniti dai Consigli di settore e di corso di laurea.

## **I Facoltà di ingegneria**

*Preside:* prof. Pietro Appendino

### *Corso di laurea*

### *Presidente*

*(coordinatore)*

Ingegneria aeronautica	Prof. Gianfranco Chiocchia
Ingegneria per l'ambiente e il territorio	Prof. Antonio Di Molfetta
Ingegneria chimica	Prof. Vito Specchia
<i>Settore civile/edile:</i>	Prof. Giovanni Barla
Ingegneria civile	Prof. Giovanni Barla
Ingegneria edile	Prof. Secondino Coppo
Ingegneria elettrica	Prof. Alfredo Vagati
Ingegneria gestionale	Prof. Agostino Villa
<i>Settore dell'informazione:</i>	Prof. Paolo Prinetto
Ingegneria delle telecomunicazioni	Prof. Mario Pent
Ingegneria elettronica	Prof. Carlo Naldi
Ingegneria informatica	Prof. Paolo Prinetto
Ingegneria dei materiali	Prof. Carlo Gianoglio
Ingegneria meccanica	Prof. Rosolino Ippolito
Ingegneria nucleare	Prof. Evasio Lavagno

## **II Facoltà di ingegneria (sede di Vercelli)**

*Preside:* prof. Antonio Gugliotta

### *Corso di laurea*

### *Coordinatore*

Ingegneria civile	Prof. Riccardo Nelva
Ingegneria elettronica	Prof. Luigi Ciminiera
Ingegneria meccanica	Prof. Maurizio Orlando

**Edito a cura del SERVIZIO STUDENTI**

**Politecnico di Torino**

**Corso Duca degli Abruzzi 24 - 10129 Torino - Tel. 564.6250**

**Stampato nel mese di giugno 1996**

**CASA EDITRICE CELID, Via Lodi, 27 - Torino - Tel. 248.93.26**

**Libreria: C.so Duca degli Abruzzi, 24 - Torino - Tel. 540.875**

## SOMMARIO

<b>CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE</b>	<b>5</b>
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI OBBLIGATORI	11
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI D'ORIENTAMENTO	57
<b>CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA</b>	<b>89</b>
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI OBBLIGATORI	97
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI D'ORIENTAMENTO	131
<b>CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA</b>	<b>167</b>
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI OBBLIGATORI	173
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI D'ORIENTAMENTO	213
<b>INDICI ALFABETICI PER INSEGNAMENTO</b>	<b>243</b>

**Le Guide ai programmi dei corsi di laurea in ingegneria.** Scopo fondamentale dei presenti opuscoli è quello di orientare gli studenti nella scelta dei piani di studio. In un momento particolarmente arduo di riforma e di scelte di sviluppo dell'assetto universitario, gli studenti devono poter decidere con il massimo della chiarezza, per potersi adeguare alle innovazioni, ed eventualmente anno per anno farsi ragione e modificare le scelte a seguito delle più specifiche verifiche attitudinali.

Nel 1996/97 sono attivati a Torino tredici *corsi di laurea* (elenco alla pagina a fronte). Per permettere l'approfondimento di competenze metodologiche e di tecniche progettuali realizzative e di gestione in particolari campi, i corsi di laurea possono essere articolati in indirizzi ed orientamenti. Dell'*indirizzo* eventualmente seguito viene fatta menzione nel certificato di laurea, mentre gli *orientamenti* corrispondono a differenziazioni culturali, di cui invece non si fa menzione nel certificato di laurea; gli orientamenti vengono definiti annualmente dai competenti *Consigli dei corsi di laurea*, e ne viene data informazione ufficiale mediante il *Manifesto degli studi*. Nelle pagine di queste *Guide*, di ciascun corso di laurea viene data una breve descrizione, e viene illustrato il programma di attuazione degli orientamenti previsti per ogni indirizzo.

**Gli insegnamenti.** Il nuovo ordinamento didattico<sup>1</sup> prevede diversi tipi di insegnamenti, distinti in monodisciplinari, monodisciplinari a durata ridotta (nel seguito indicati

<sup>1</sup> Decreto Ministeriale del 22.05.1995, pubblicato sulla *Gazzetta ufficiale* n. 166 del 18.07.1995.

come corsi ridotti), e integrati. Un *insegnamento monodisciplinare* è costituito da 80–120 ore di attività didattiche (lezioni, esercitazioni, laboratori, seminari ecc.) e corrisponde ad una unità didattica o annualità. Un *corso ridotto* è costituito da 40–60 ore di attività didattiche e corrisponde a mezza annualità. Un corso integrato è costituito da 80–120 ore di attività didattiche e corrisponde ad una annualità; esso è svolto – in moduli coordinati di almeno 20 ore ciascuno – da due o, al massimo, tre professori che fanno tutti parte della commissione d'esame

Ogni corso di laurea corrisponde a 29 annualità complessive, ripartite, in ognuno dei cinque anni di corso, su due *periodi didattici* (detti anche impropriamente semestri); ogni periodo didattico è di durata pari ad almeno 13 settimane effettive di attività. Un'altra novità introdotta già dal DPR 20 maggio 1989<sup>2</sup> è costituita dal fatto che non sono prescritti specifici insegnamenti (almeno a livello nazionale) per il conseguimento della laurea in un determinato corso di laurea in Ingegneria, ma sono prescritti i numeri minimi di unità didattiche da scegliere in determinati raggruppamenti disciplinari consistenti in *gruppi*<sup>3</sup> di discipline affini.

Ogni Consiglio di corso di laurea può adeguare annualmente il piano degli studi alle nuove esigenze richieste dal rapido evolversi delle conoscenze e degli sviluppi tecnologici. Perciò ogni anno i vari Consigli dei corsi di laurea stabiliscono gli insegnamenti ufficiali, obbligatori e non obbligatori, che costituiscono le singole annualità, e le norme per l'inserimento degli insegnamenti non obbligatori, eventualmente organizzati in orientamenti.

Tutte queste informazioni e norme vengono pubblicate ogni anno nella Guida dello Studente- *Manifesto degli Studi*.

**Finalità e organizzazione didattica dei vari corsi di laurea.** Le pagine di queste *Guide* illustrano per ognuno dei corsi di laurea attivati – ed eventualmente per ognuno dei rispettivi indirizzi attivati – le professionalità acquisibili dai laureati, nonché il concetto ispiratore dell'organizzazione didattica, fornendo tracce schematiche di articolazione delle discipline obbligatorie ed esemplificazioni relative ai corsi facoltativi, organicamente inquadrabili nei vari *curricula* accademici.

Ogni corso di laurea ha previsto l'organizzazione di tutti i corsi in periodi didattici. Per quanto concerne l'organizzazione didattica e l'attribuzione dei docenti agli insegnamenti, si segnala ancora che:

- alcuni corsi di laurea introducono già al terzo anno una scelta di corsi di indirizzo o di orientamento, che richiedono la formulazione di un'opzione fra le scelte segnalate: tali opzioni vanno esercitate all'atto dell'iscrizione;
- in relazione a talune difficoltà, che possono verificarsi all'atto dell'accorpamento di taluni CL per le discipline di carattere propedeutico (del primo e secondo anno), non è assicurata la corrispondenza dei docenti indicati con gli effettivi titolari di dette discipline. In alcuni casi, non essendo noto al momento della stampa delle *Guide*, il nome del docente è stato lasciato indeterminato ("Docente da nominare").

<sup>2</sup> Pubblicato sulla *Gazzetta ufficiale* n. 186 del 10.08.1989.

<sup>3</sup> Questi *gruppi* coincidono con quelli dei raggruppamenti concorsuali per i professori universitari.

# Corso di laurea in Ingegneria civile

## Premessa

Il Regolamento Didattico della II Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino, con sede in Vercelli, prevede che il corso di *Ingegneria civile* possa articolarsi in cinque indirizzi finalizzati a permettere l'approfondimento, in particolari campi, sia di competenze di tipo metodologico, sia di tecniche progettuali, realizzative e di gestione. Gli indirizzi previsti sono:

Indirizzo *Edile*

Indirizzo *Geotecnica*

Indirizzo *Idraulica*

Indirizzo *Strutture*

Indirizzo *Trasporti*

L'ordinamento didattico prevede 21 corsi obbligatori e alcune materie vincolate e caratterizzanti ciascun indirizzo. La scelta di uno fra gli indirizzi sopra elencati è facoltativa.

## Profilo professionale

La figura del laureato in ingegneria civile presso questa Facoltà corrisponde a quella di un ingegnere con una preparazione di base a largo spettro di competenze, integrata da specifici approfondimenti legati alle più recenti esigenze manifestatesi nel mondo del lavoro.

Gli studi teorici ed applicativi svolti nei diversi settori, spesso associati alla sperimentazione sistematica, hanno infatti comportato notevoli sviluppi, migliorando in modo significativo i tradizionali metodi di progettazione e costruzione. Conseguentemente, lo spettro di conoscenze richieste per poter dominare con competenza i diversi campi diventa molto ampio, soprattutto ove si voglia consentire un inserimento immediato dell'ingegnere nella progettazione esecutiva delle opere e nel mondo del lavoro.

Le imprese pubbliche e private richiedono capacità professionali differenziate, anche rivolte ad un campo di attività attento alla fase di gestione tecnico-operativa e costruttiva; nel contempo si accentua l'interesse per i nuovi settori di attività quali quelli connessi con la pianificazione la sistemazione e l'uso del territorio.

La formazione dell'ingegnere civile deve così comprendere una base a spettro ampio, con particolare attenzione verso le discipline fisico-matematiche, in modo da formare il fondamento per la futura crescita professionale nel settore di specifica competenza. D'altra parte, si pone l'esigenza di fornire una solida cultura, sufficientemente formativa per una figura professionale dotata di una certa capacità di adattarsi con duttilità all'emergere di nuovi campi o settori che vanno oltre una visione tradizionale.

L'ingegnere civile deve sapere acquisire, nel periodo di formazione, una competenza specifica particolarmente orientata all'attività di progettazione nei diversi settori. Inoltre, è quanto mai indispensabile che alle conoscenze che concorrono alla formazione di una figura professionale abile in ogni tipo di dimensionamento funzionale, si affianchino le competenze necessarie per la conduzione dei lavori, per la gestione e manutenzione delle opere realizzate, che talora assumono complessità rilevante e possono avere riflessi significativi sulla sicurezza del territorio in cui le stesse si inseriscono e delle persone che su questo operano.

Mentre non è dilazionabile l'acquisizione degli strumenti moderni di analisi e di progetto, si pone l'esigenza di fornire all'ingegnere laureato in Ingegneria civile una formazione a livello tecnologico ed operativo aggiornata nei riguardi delle esperienze e competenze che si sviluppano con continuità nel mondo del lavoro. D'altra parte occorre concorrere all'acquisizione di tutti quegli elementi che consentono l'impostazione anche economico-finanziaria dei problemi.

Con riferimento agli indirizzi sopra richiamati, emergono dunque i diversi profili professionali dell'ingegnere civile che si configurano come segue.

#### *Indirizzo Edile*

Questo indirizzo è volto a formare un ingegnere civile particolarmente esperto nei diversi campi che caratterizzano l'ingegneria edile. Questo settore di attività riguarda in modo specifico la progettazione e la realizzazione dell'edilizia civile e industriale, attuata con le tecniche sia tradizionali che industrializzate. Tenendo conto delle esigenze dell'utenza, delle condizioni ambientali e di contorno, delle tecniche costruttive utilizzabili, le metodologie progettuali fanno ricorso ad una integrazione interdisciplinare di sintesi degli aspetti architettonico-distributivi, statico-costruttivi e tecnico-impiantistici.

#### *Indirizzo Geotecnica*

Questo indirizzo è volto a formare un ingegnere civile particolarmente esperto nei diversi campi che caratterizzano l'ingegneria geotecnica, un settore di attività che riguarda in modo specifico lo studio, su basi fisico-matematiche, della risposta meccanica dei sistemi fisici costituiti prevalentemente da terreni, rocce o associazioni di terreni e rocce in condizione di sollecitazione statica e/o dinamica. Nelle applicazioni, la componente geotecnica è presente nella progettazione, costruzione e collaudo di strutture di qualsiasi tipo per gli aspetti che si riferiscono ai rapporti della struttura medesima con i terreni e le rocce.

### *Indirizzo Idraulica*

Questo indirizzo è volto a formare un ingegnere civile particolarmente esperto nell'ingegneria idraulica. In questo settore, all'aspetto più tradizionale, rappresentato dalla progettazione, costruzione e gestione delle opere civili idrauliche (traverse, dighe, sbarramenti), dai problemi e dalle tecniche adottate per il trasporto dell'acqua e la sua distribuzione per diversi usi, si affianca un settore di attualità che cambia con il momento storico di sviluppo agricolo, industriale ed economico del paese. Quest'ultimo riguarda attualmente il territorio ed in particolare le sistemazioni idraulico-forestali, l'industria fluviale, i sistemi di protezione dalle alluvioni e di controllo delle piene, i sistemi di raccolta e di utilizzazione multipla delle acque, ecc.

### *Indirizzo Strutture*

Questo indirizzo è volto a formare un ingegnere civile particolarmente esperto nel campo dell'ingegneria strutturale. Questo settore riguarda in modo specifico la progettazione strutturale generale in ambito civile (edifici, opere strutturali rilevanti, ecc.), in condizioni di sollecitazione statica e dinamica, per opere nuove o ristrutturazioni. Ad una visione di questo indirizzo riferita prevalentemente all'utilizzo delle tecniche di progetto si affianca lo sviluppo e la ricerca di nuovi metodi di analisi e dimensionamento delle strutture, sia dal punto di vista teorico che da quello sperimentale.

### *Indirizzo Trasporti*

Questo indirizzo è volto a formare un ingegnere civile particolarmente esperto nel settore progettistico e pianificatorio generale del territorio e delle infrastrutture di trasporto, nonché della sistemazione territoriale ed urbanistica. In un periodo in cui si pone con particolare rilevanza il problema dell'utilizzo del territorio, nel rispetto dell'ambiente circostante ed in una visione volta a valutare anticipatamente l'impatto che le stesse infrastrutture finiscono con esercitare sul territorio, le competenze da fornire per poter operare con competenza in questo settore si differenziano da quelle più tradizionali che caratterizzano l'attuale figura professionale. D'altra parte, non sono da trascurare tutte quelle iniziative che riguardano più da vicino la vivibilità dell'ambiente urbano, con particolare riguardo alla esigenza di facilitare la mobilità al suo interno.

Tenendo conto dei diversi profili e ambiti di competenza innanzi citati si può comprendere come siano ampie le possibilità di sbocco professionale. Le principali sono offerte da:

- esercizio della libera professione in campo progettuale (edilizia, strutture, opere idrauliche, impianti, trasporti e strade, ecc.);
- imprese di costruzioni, per elaborazione di progetti particolareggiati, direzione lavori, gestione dei lavori, ecc.;
- industrie in campo edilizio per la produzione di componenti, di prefabbricati in serie aperta, ecc.;
- enti pubblici, per tutto quanto concerne la progettazione, il controllo o la gestione di opere edilizie e di ingegneria civile (presso uffici tecnici FS, Genio civile, Vigili del fuoco e Protezione civile, uffici tecnici comunali, provinciali e regionali, USL, ecc.);

- enti privati e industrie private, per tutto quanto concerne la progettazione e gestione delle opere edili (uffici tecnici di banche, industrie, ecc.);
- scuole, università.

## Insegnamenti obbligatori

Il quadro didattico degli insegnamenti obbligatori per il corso di laurea in *Ingegneria civile* vincola rigidamente 21 insegnamenti (v. il primo dei quadri riassuntivi che seguono). Ulteriori vincoli vengono poi introdotti con ulteriori corsi caratterizzanti ciascun indirizzo.

La scelta degli insegnamenti obbligatori, globalmente considerati, è volta a fornire una preparazione sia di base, sia specifica tecnico-professionale, congruente con le caratteristiche dei profili professionali precedentemente esposti, tenendo conto dell'esigenza di sviluppare un linguaggio comune al settore civile.

La formazione matematica è affidata agli attuali insegnamenti del biennio (*Analisi matematica* e *Geometria*). Alla formazione di base concorrono i due corsi di *Fisica*, il corso di *Meccanica razionale*, il corso di *Chimica* e quello di *Elettrotecnica*.

Caratterizzano in modo particolare la formazione ingegneristica dei futuri ingegneri civili i corsi di *Scienza delle costruzioni*, di *Idraulica*, di *Tecnica delle costruzioni*, di *Architettura tecnica*, di *Topografia*, di *Geotecnica*, di *Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti*. Completano la stessa formazione i corsi di *Tecnologia dei materiali e chimica applicata*, *Fisica tecnica*, nonché un corso integrato di *Meccanica applicata alle macchine e Macchine*. L'unità didattica di *Disegno* dovrà consentire di apprendere i mezzi di rappresentazione grafica, da quelli tradizionali a quelli che si valgono delle tecniche automatiche, necessari sia in ambito progettuale edilizio sia di rilievo per il recupero dell'esistente.

Le annualità nei campi dell'informatica (*Fondamenti di informatica*) e dell'economia (*Istituzioni di economia*) sono legate all'esigenza di arricchire la preparazione di base con approfondimenti specifici di settore.

## Quadro didattico degli insegnamenti obbligatori

Nella prima fase di organizzazione della Facoltà non è prevista l'attuazione di tutte le discipline che lo Statuto indica per i cinque indirizzi previsti. Sono attualmente attivi tre orientamenti, che contemplano gruppi omogenei di discipline del 4. e 5. anno, e che sono proposti tenendo conto delle discipline di indirizzo al momento attivate.

<i>Anno</i>	<i>1° periodo didattico</i>	<i>2° periodo didattico</i>
1	<b>S0231</b> Analisi Matematica I <b>S0620</b> Chimica <b>S1370</b> Disegno	<b>S2300</b> Geometria <b>S1901</b> Fisica I
2	<b>S0232</b> Analisi Matematica II <b>S1902</b> Fisica II <b>S2170</b> Fondamenti di Informatica	<b>S3370</b> Meccanica Razionale <b>S3040</b> Istituzioni di Economia <b>S6020</b> Topografia
3	<b>S4600</b> Scienza delle Costruzioni <b>S2490</b> Idraulica <b>S5570</b> Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata	<b>S5460</b> Tecnica delle Costruzioni <b>S2060</b> Fisica Tecnica <b>S0330</b> Architettura Tecnica
4	<b>S3215</b> Meccanica Applicata alle Macchine / Macchine (i) <b>S1790</b> Elettrotecnica <b>X (1)</b>	<b>S2340</b> Geotecnica <b>Y (1)</b> <b>Y (2)</b>
5	<b>S1000</b> Costruzioni di Strade, Ferrovie ed Aeroporti <b>X (2)</b> <b>X (3)</b>	<b>Y (3)</b> <b>Y (4)</b> <b>Y (5)</b>

(i) Corso integrato.

Le materie contraddistinte da X e Y sono relative ai seguenti orientamenti:

- orientamento Edile
- orientamento Infrastrutture territoriali
- orientamento Strutture

Ciascun orientamento è caratterizzato da otto materie, delle quali alcune obbligatorie e altre a scelta

## Insegnamenti di indirizzo od orientamento

### *Orientamento Edile*

4° anno

X1	1	<b>S5510</b>	Tecnica urbanistica
Y1	2	<b>S1860</b>	Ergotecnica edile
Y2	2	<b>S1090</b>	Costruzioni in calcestruzzo armato e precompresso

5° anno

X2	1	<b>S0550</b>	Caratteri distributivi e costruttivi degli edifici
----	---	--------------	----------------------------------------------------

X3 a scelta tra:

1	<b>S2190</b>	Fotogrammetria	
1	<b>S5200</b>	Storia dell'architettura	
Y3	2	<b>S2880</b>	Infrastrutture idrauliche
Y4	2	<b>S0310</b>	Architettura e composizione architettonica
Y5	2	<b>S5410</b>	Tecnica del controllo ambientale

### *Orientamento Infrastrutture Territoriali*

4° anno

X1	1	<b>S2550</b>	Idrologia tecnica
Y1	2	<b>S5490</b>	Tecnica ed economia dei trasporti

Y2 a scelta tra:

2	<b>S1860</b>	Ergotecnica edile
2	<b>S1090</b>	Costruzioni in calcestruzzo armato e precompresso

5° anno

X2 a scelta tra:

1	<b>S3910</b>	Pianificazione dei trasporti
1	<b>S2800</b>	Impianti speciali idraulici

X3 a scelta, con esclusione di quelli già inseriti nel piano, tra:

1	<b>S2190</b>	Fotogrammetria	
1	<b>S5510</b>	Tecnica urbanistica	
1	<b>S3910</b>	Pianificazione dei trasporti	
1	<b>S2800</b>	Impianti speciali idraulici	
Y3	2	<b>S2680</b>	Impianti e cantieri viari
Y4	2	<b>S2880</b>	Infrastrutture idrauliche
Y5	2	<b>S4180</b>	Progettazione di sistemi di trasporto

**Orientamento Strutture**

4° anno

- X1 1 **S5510** Tecnica urbanistica  
 Y1 2 **S1090** Costruzioni in calcestruzzo armato e precompresso

Y2 a scelta tra:

- 2 **S1860** Ergotecnica edile  
 2 **S5490** Tecnica ed economia dei trasporti

5° anno

- X2 1 **S3340** Meccanica delle rocce

X3 a scelta tra:

- 1 **S2190** Fotogrammetria  
 1 **S0550** Caratteri distributivi e costruttivi degli edifici  
 1 **S2800** Impianti speciali idraulici

- Y3 2 **S2880** Infrastrutture idrauliche

Y4 e Y5 a scelta tra:

- 2 **S0310** Architettura e composizione architettonica (solo se preceduto da:  
 S0550 Caratteri distributivi e costruttivi degli edifici)  
 2 **S2680** Impianti e cantieri viari  
 2 **S4180** Progettazione di sistemi di trasporto

# Programmi degli insegnamenti obbligatori

## S/T/U 023 1                      Analisi matematica 1

Anno: periodo 1:1    Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: *da nominare* (collab.: Andrea A. Gamba)

Il corso si propone di introdurre innanzitutto al linguaggio e al ragionamento matematico, fornendo, insieme alle basi dell'analisi delle funzioni reali di variabile reale (teoremi sulle funzioni continue e calcolo differenziale e integrale) una metodologia di lavoro che, partendo da una comprensione critica degli strumenti acquisiti, conduca, (attraverso riferimenti a problemi della fisica e dell'ingegneria) alla loro applicazione alle successive discipline tecnologiche.

### REQUISITI

Sono richiesti i concetti fondamentali di algebra, di geometria elementare, di trigonometria e di calcolo dei logaritmi della scuola secondaria superiore.

### PROGRAMMA

- Introduzione al linguaggio matematico. Inquadramento insiemistico di relazioni e funzioni. Numeri cardinali. Principio di induzione. Concetti di calcolo combinatorio. Insiemi numerici, in particolare numeri reali. Proprietà qualitative delle funzioni reali di variabile reale. [12 ore]
- Continuità in un punto e teoremi sulle funzioni continue; limiti e teoremi sui limiti; limiti di funzioni monotone. Confronto tra funzioni; infiniti e infinitesimi. Asintoti rettilinei. [16 ore]
- Successioni; Teorema di Bolzano-Weierstrass; funzione esponenziale. [6 ore]
- Proprietà globali delle funzioni continue: teorema degli zeri e applicazioni; continuità della funzione inversa. Teorema di Weierstrass; continuità uniforme. [6 ore]
- Derivata e differenziale; regole di derivazione; applicazioni allo studio della monotonìa e degli estremi. [6 ore]
- Teoremi di Rolle e Lagrange, con applicazioni. Polinomi di Taylor: teoremi sul resto e applicazioni. Calcolo di polinomi di Taylor. Applicazione allo studio della convessità in un punto e dei flessi. Concetti sulla convessità su un intervallo. [12 ore]
- Primitive (integrale indefinito) per funzioni continue a tratti. Regole di integrazione. [6 ore]
- Integrale definito (di Riemann); classi di funzioni integrabili; media integrale; proprietà algebriche e disequazioni relative all'integrale definito. Funzione integrale: proprietà e teorema fondamentale del calcolo integrale. [6 ore]
- Integrali impropri e criteri di convergenza. [6 ore]

- Equazioni differenziali a variabili separabili, equazioni differenziali lineari del primo e secondo ordine. [4 ore]

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni seguiranno gli argomenti delle lezioni e potranno essere di due tipi: o svolte alla lavagna dal personale docente, o svolte ai rispettivi tavoli dagli allievi.

### BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

C.D. Pagani, S. Salsa, *Analisi matematica. Vol. 1*, Masson (terzo corso).

Testi ausiliari:

A. Tabacco, D. Giublesi, *Temi svolti di Analisi matematica 1*, Levrotto & Bella.

### ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale. Il superamento della prova scritta è condizione necessaria per accedere alla prova orale. Per sostenere la prova scritta, gli studenti devono prenotarsi presso la segreteria didattica del Dipartimento. Maggiori dettagli sulle modalità di svolgimento delle prove saranno forniti all'inizio del corso.

**S/T/U 023 2****Analisi matematica 2**

Anno: periodo 2:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Donatella Ferraris (collab.: Alberto Rossani)

Il corso si propone di completare la formazione matematica di base dello studente, con particolare riguardo al calcolo differenziale e integrale in più variabili, alla risoluzione delle equazioni e dei sistemi differenziali, ed ai metodi di sviluppo in serie.

**REQUISITI**

*Analisi matematica 1, Geometria.*

**PROGRAMMA**

- Calcolo differenziale in più variabili: funzioni di più variabili e topologia dello spazio euclideo n-dimensionale; [8 ore lez., 2 eserc.]
- calcolo differenziale per funzioni di più variabili, formula di Taylor, massimi e minimi liberi. [10 ore lez., 4 eserc.]
- Calcolo differenziale su curve e superfici, funzioni implicite, massimi e minimi vincolati. [8 ore lez., 6 eserc.]
- Calcolo integrale in più variabili: misura degli insiemi, integrali multipli. [8 ore lez., 8 eserc.]
- Integrali su curve e superfici, integrali di linea e di flusso, campi vettoriali, teoremi di Green, Gauss e Stokes. [10 ore lez., 4 eserc.]
- Spazi vettoriali normati e successioni di funzioni; convergenza uniforme. [6 ore lez., 2 eserc.]
- Serie numeriche, convergenza assoluta. [6 ore lez., 3 eserc.]
- Serie di Taylor e serie di potenze. [8 ore lez., 3 eserc.]
- Serie di Fourier: convergenza quadratica, puntuale e uniforme. [6 ore lez., 3 eserc.]
- Sistemi differenziali: sistemi di equazioni differenziali e problemi di Cauchy; [ore lez., 1 eserc.]
- equazioni e sistemi lineari a coefficienti costanti. [6 ore lez., 4 eserc.]

**ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni seguiranno gli argomenti delle lezioni e saranno svolte alla lavagna dal personale docente.

**BIBLIOGRAFIA**

Testo di riferimento:

A. Bacciotti, F. Ricci, *Lezioni di analisi matematica 2*, Levrotto & Bella, Torino, 1991.

Testi ausiliari:

M. Leschiutta, P. Moroni, M.T. Vacca, *Esercizi di matematica*, Levrotto & Bella, Torino, 1997.

P. Marcellini, C. Sorbone, *Esercitazioni di matematica. Vol. 2, p. 1-2*, Liguori, 1991.

## ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed una orale. Il superamento della prova scritta è condizione necessaria per accedere alla prova orale. Per sostenere la prova scritta, gli studenti devono prenotarsi presso la segreteria didattica. Maggiori dettagli sulle modalità di svolgimento delle prove saranno forniti all'inizio del corso.

**S 033 0****Architettura tecnica**

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4+1 (ore settimanali)

Docente: Riccardo Nelva (collab.: Angelo Ciribini)

Il corso è diretto a fornire metodi e nozioni, in ambito architettonico-edilizio, relativi alla progettazione e costruzione degli edifici civili e industriali, con riguardo particolare agli elementi costruttivi visti come parti congruenti dell'unità edilizia e con finalità all'integrazione e al compendio con le discipline statico-strutturali, tecnico-impiantistiche ed urbanistico-territoriali.

**REQUISITI**

*Disegno.*

**PROGRAMMA**

Introduzione, le esigenze dell'utenza, i requisiti ambientali e tecnologici, il sistema edilizio. Elementi introduttivi alla progettazione architettonica, l'esposizione solare, l'architettura bioclimatica. L'organizzazione distributiva delle unità residenziali; schemi funzionali distributivi, criteri di dimensionamento dei vani abitabili. [5 ore]

Progettazione senza barriere architettoniche, tipi di disabilità, il concetto di accessibilità, visitabilità, adattabilità. Soluzioni tecniche per eliminare le barriere architettoniche, spazi minimi di mobilità, spazi di relazione e unità abitative, legislazione vigente. Progettazione degli spazi esterni, parcheggi. [5 ore]

I serramenti interni, requisiti, criteri di progetto; richiami sulle caratteristiche fisiche del legno; realizzazione: controtelai, telai fissi e mobili, battenti, sistemi di chiusura. I serramenti esterni, classificazione dei sistemi di apertura, sistemi di oscuramento, serramenti unificati in legno. Criteri di progetto e realizzazione, tenuta all'acqua e all'aria. Serramenti metallici. Giudizio di idoneità dei serramenti secondo la normativa UNI e CEN, metodi di prova e di controllo. [9 ore]

La difesa degli edifici dall'umidità del sottosuolo: progettazione e realizzazione delle intercapedini. Impermeabilizzazione di strutture interrato. Edifici a struttura portante tradizionale in muratura. Strutture a telaio in calcestruzzo armato. Le fondazioni. Strutture portanti orizzontali: solai in legno, solai a travi metalliche, solette in c.a., ecc. Le scale, criteri di progettazione e dimensionamento, tipologie, soluzioni strutturali. Il tracciamento delle scale, la linea dei nodi, lo sfalsamento dei gradini, rivestimenti, ringhiere, normativa. [9 ore]

Coperture discontinue, requisiti, terminologia UNI, strati funzionali, schemi di dimensionamento termoigrometrico. L'impermeabilità all'acqua, l'azione del vento, la neve. Tracciamento geometrico. Posizionamento degli strati di isolamento termico. Tetti ventilati e non; tipi di supporti; accessori. Caratteristiche dei prodotti per coperture. Strutture portanti in legno per coperture, orditure tradizionali; richiami sulle proprietà meccaniche del legno, dimensionamento delle giunzioni; sistemi di giunzione moderni per strutture reticolari (chiodature, bulloni, connettori metallici), capriate e relativo dimensionamento. Il legno lamellare e le sue applicazioni, le norme di progetto Sia. Criteri di progetto di edifici civili in legno, norme UEAtc. Tipologie costruttive di edifici in legno. [11 ore]

Coperture continue, schemi di funzionamento termoigrometrico, coperture "rovesce". Criteri di analisi e verifica del comportamento termoigrometrico, verifiche grafico-analitiche delle condensazioni del vapore, diagrammi di Glaser. Criteri di posa dei manti continui, barriere al vapore, strati di diffusione; giunti di dilatazione, terrazzi praticabili, prodotti per membrane impermeabili, protezioni. [5 ore]

Le pareti esterne portanti e a cassa vuota, rivestimenti e pareti in mattoni paramano, strati di isolamento termico. Problemi di risparmio energetico: isolamento dei balconi, isolamento a cappotto degli edifici. Aspetti salienti della progettazione degli edifici in muratura portante; norme, concezione morfologica; dimensionamento semplificato secondo DM 20.11.1987. Criteri di progetto e di realizzazione dei rivestimenti esterni lapidei di facciata, sistemi di fissaggio delle lastre. [5 ore]

Le partizioni verticali interne, problemi di isolamento acustico; criteri di progetto e realizzazione delle pavimentazioni: il supporto, i rivestimenti, dilatazioni e ritiri differenziali, i sistemi di posa; isolamento acustico e pavimenti galleggianti, prodotti per pavimentazioni civili e industriali. Soffitti e controsoffitti. [3 ore]

Edilizia industriale, schemi tipologici di capannoni, illuminazione naturale. Sistemi di prefabbricazione nell'edilizia industriale, strutture portanti e tamponamenti. La prefabbricazione e l'industrializzazione nell'edilizia residenziale. Durabilità e vita utile di un edificio; la manutenzione; normativa tecnica ed enti di normazione. [4 ore]

La prevenzione incendi, innesco e propagazione degli incendi. Reazione al fuoco dei materiali e resistenza al fuoco dei componenti e delle strutture; criteri di progettazione in funzione della prevenzione agli incendi, protezione delle strutture. Il carico di incendio, la Circolare 91, classe degli edifici, REI. [4 ore]

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nell'elaborazione di progetti esecutivi di componenti edilizi congruamente impostati sulla base di un progetto di massima di un edificio. Sono previste due prove extemporanee di progetto. I temi affrontati sono: progetto di edificio residenziale pluripiano; progetto esecutivo di serramento esterno; progetto esecutivo di scala; progetto esecutivo di copertura a falde; progetto esecutivo di copertura piana a terrazzo; progetto esecutivo di parte modulare di facciata di edificio con balcone.

## LABORATORIO

Impiego di strumentazioni per la diagnostica dello stato di conservazione degli edifici esistenti (endoscopi, misuratori di umidità, rilevatori di metalli, indagini con ultrasuoni, ecc.). Metodi di prova per il controllo della qualità di componenti edilizi.

## BIBLIOGRAFIA

Per ogni argomento monografico delle lezioni verrà fornita l'indicazione bibliografica e il testo di pubblicazioni in tema.

Testi ausiliari:

R. Nelva, *Le coperture discontinue: guida alla progettazione*, BE-MA, Milano, 1989.  
 Norme dell'Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

E. Neufert, *Enciclopedia pratica per progettare e costruire*, Hoepli, Milano.

**ESAME**

Esame orale sui contenuti delle lezioni, previa verifica degli elaborati grafici oggetto delle esercitazioni e delle prove extemporanee.

Anno: periodo 1:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Mario Vallino (collab.: Roberta Bongiovanni, Monica Ferraris)

In questo corso ci si propone di illustrare le leggi fondamentali della chimica e di stabilire una stretta relazione tra queste e gli aspetti principali della chimica generale e applicata. A tale proposito nella parte finale del corso saranno presentati alcuni processi industriali che verranno discussi in modo critico in relazione ai principi fondamentali della chimica. Si ritiene inoltre indispensabile presentare alcuni aspetti della chimica organica. Nel corso delle esercitazioni saranno utilizzati i principi teorici per risolvere alcuni semplici problemi.

#### PROGRAMMA

*La struttura dell'atomo e le leggi fondamentali della chimica.* [12 ore]

- Le leggi fondamentali della chimica. La struttura dell'atomo. Comportamento chimico degli elementi, tavola periodica, valenza e legami chimici, significato quantitativo di formule e reazioni.

*Lo stato gassoso.* [6 ore]

- Leggi fondamentali dei gas ideali e reali. Vengono confrontati due approcci differenti allo studio del comportamento della materia: quello sperimentale e quello teorico (teoria cinetica dei gas).

*Lo stato liquido e le soluzioni.* [6 ore]

- Proprietà dei liquidi e delle soluzioni. Modi di esprimere la concentrazione delle soluzioni. Proprietà colligative: pressione osmotica, conducibilità elettrica, ebullioscopia e crioscopia.

*Stato solido.* [6 ore]

- I reticoli cristallini di Bravais. Il legame chimico nei solidi e le loro proprietà. Principali difetti reticolari. Diffrazione di raggi X. Diagrammi di stato e regola delle fasi.

*Termochimica.* [7 ore]

- Primo e secondo principio della termodinamica. Tonalità termica delle reazioni chimiche e grandezze termodinamiche (entalpia, energia interna, lavoro). Entropia, energia libera e spontaneità delle trasformazioni chimiche e fisiche. Legge di Hess.

*Cinetica.* [5 ore]

- Fattori che influenzano la velocità di reazione. Equazioni cinetiche per reazioni del primo e del secondo ordine. Energia di attivazione. Vengono confrontati aspetti cinetici e termodinamici nei processi chimici.

*Equilibrio chimico.* [8 ore]

- Legge di azione di massa dedotta da considerazioni cinetiche. Principio di Le Châtelier. Equilibri in fase omogenea e eterogenea. Equilibri in soluzione: dissociazione di acidi e basi (pH), idrolisi, soluzioni tampone.

*Elettrochimica.* [7 ore]

- I potenziali *standard* di riduzione e l'equazione di Nernst. Spontaneità delle reazioni di ossido-riduzione. Pile e celle elettrolitiche.

*Chimica organica.* [10 ore]

- Idrocarburi saturi, insaturi e aromatici. Gruppi funzionali. Nomenclatura, struttura e reazioni chimiche dei composti organici. Reazioni di polimerizzazione.

*Chimica descrittiva.* [10 ore]

- In questa parte del corso sono esaminate le caratteristiche comuni agli elementi di ciascun gruppo della tavola periodica. Alcuni elementi (H, O, Na, Al, C, N, S, Cl, Fe) sono trattati in modo più dettagliato, con riferimento ad alcuni processi industriali di preparazione.

## ESERCITAZIONI

Per ciascuno degli argomenti elencati nel *Programma delle lezioni* sono presentati semplici problemi. Le esercitazioni intendono costituire per gli allievi un momento di revisione critica del processo di apprendimento.

## BIBLIOGRAFIA

C. Brisi, V. Cirilli, *Chimica generale e inorganica*, Levrotto & Bella, Torino.

C. Brisi, *Esercizi di chimica*, Levrotto & Bella, Torino.

M. Montorsi, *Appunti di chimica organica*, CELID, Torino.

Materiale integrativo dattiloscritto darà reso disponibile durante il corso.

## ESAME

L'esame si articola in due prove: una prova scritta (A) ed una prova orale (B). La prova A consiste nel rispondere a trenta *quiz* del tipo multiscelta, alcuni dei quali richiedono l'esecuzione di calcoli. La sufficienza conseguita nella prova A consente di accedere alla prova B. La prova orale è completamento di quella scritta e quindi prende le mosse dalle risposte fornite dall'esaminando in quest'ultima. Il superamento dell'esame comporta l'esito positivo di ciascuna delle due prove.

**S 100 0****Costruzione di strade,  
ferrovie ed aeroporti**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Alberto Vivaldi (collab.: Ezio Santagata)

Il corso, che si propone di fornire una preparazione idonea per affrontare l'intero progetto di una strada, può essere suddiviso in due parti: una prima finalizzata alla definizione geometrica dell'opera viaria; una seconda di studio degli aspetti strutturali e costruttivi. In premessa sono fornite nozioni propedeutiche di meccanica della locomozione e di ingegneria del traffico. Aspetti specifici delle ferrovie sono trattati separatamente considerando alcune problematiche fondamentali di progetto e di costruzione di tali impianti.

**PROGRAMMA***Strada e veicolo. [6 ore]*

- Resistenze al moto. Equazione della trazione. Coppia motrice e aderenza. Prestazione dei veicoli stradali e ferroviari in salita. Equilibrio del veicolo in curva. Distanze di visibilità per l'arresto e per il sorpasso.

*Traffico e capacità delle strade. [2 ore]*

- Volume di traffico alla 30.a ora. Fattore dell'ora di punta. Capacità e livelli di servizio. Elementi di *Highway Capacity Manual 85*.

*Caratteristiche geometriche delle strade. [8 ore]*

- Visuali libere. Visibilità in curva e sui raccordi verticali. Velocità di progetto. Strade tipo. Pendenza trasversale in curva. Profilo dei cigli. Raccordi progressivi. Raccordi clotoidici. Allargamento in curva. Criteri di composizione del tracciato piano-altimetrico d'asse. Sezione trasversale stradale.

*Redazione del progetto stradale. [10 ore]*

- Aspetti generali del progetto. Progetto geometrico di una strada: planimetria, profilo longitudinale, sezioni trasversali. Metodo operativo per l'inserimento di un arco di clotoide in un tracciato stradale. La tavola di tracciamento dell'asse stradale. Progetto delle intersezioni a livelli sfalsati.

*Meccanica delle terre. [6 ore]*

- Caratteristiche fisiche delle terre. Binomio acqua-suolo. Terre incoerenti e terre coerenti. Comportamento sotto carico. La spinta sui muri di sostegno secondo Coulomb e secondo Rankine. Masso spingente sul rivestimento di una galleria in terra secondo Terzaghi. Stabilità dei pendii: equilibrio di un pendio indefinito.

*Opere d'arte. [6 ore]*

- Opere di sostegno flessibili: tipologie, aspetti costruttivi e criteri di calcolo. Opere di sostegno rigide: tipologie e criteri di calcolo. Opere di scavalco: esame delle sollecitazioni prodotte sulle spalle degli impalcati; carichi da DM 4.5.90; ripartizione trasversale dei carichi accidentali secondo Courbon.

*Opere in terra e sovrastrutture stradali. [10 ore]*

- Classificazione delle terre. Analisi granulometrica. Limiti ed indici di Atterberg. Indice di gruppo. Classificazione CNR-UNI 10 006. Costipamento: fenomeno, prove di laboratorio, realizzazione in cantiere. Controllo della densità in sito.

Macchine per compattare. Prova di portanza: prove di carico con piastra, prova CBR. Formazione del corpo stradale: piani di posa dei rilevati, piani di posa in trincea, formazione dei rilevati. Sovrastrutture stradali: caratteristiche tipologiche e aspetti costruttivi.

*Elementi di progettazione ferroviaria.* [8 ore]

- Aspetti generali del trasporto ferroviario. Funzionamento della sala montata. Sede ed armamento del binario. La lunga rotaia saldata. Geometria del binario in retto. Binario in curva: sopraelevazione, raccordi, inscrivibilità. Apparecchi del binario. Corpo stradale ed opere d'arte: sovrappassi e sottopassi della linea. Lavori in esercizio. Progetto del tracciato secondo grado di prestazione e velocità di tracciato. Linee metropolitane: vincoli di tracciato, tipologie costruttive.

### ESERCITAZIONI

1. *Progetto di un tronco stradale.* Elaborazione di: planimetria; profilo longitudinale; sezioni trasversali; calcolo analitico dei volumi. [20 ore]
2. *Progetto di uno svincolo autostradale.* Elaborazione di: planimetria dell'asse stradale raccordato con archi di clotoide; planimetria generale dell'opera. [12 ore]
3. *Verifica di una spalla da ponte.*
4. Valutazione effetto carichi accidentali su impalcato secondo Courbon. Verifica sezione spalla per tre condizioni di carico. Disegno delle armature. [8 ore]
5. *Progetto architettonico di un sovrappasso stradale.*
6. Studio degli elementi compositivi e particolari costruttivi. [4 ore]
7. *Dimensionamento di una pavimentazione flessibile.*
8. Dimensionamento delle pavimentazioni, caratterizzazione dei materiali, prestazioni delle sovrastrutture. Esempio di calcolo con il metodo AASHO. [8 ore]

### BIBLIOGRAFIA

Parte del materiale didattico è distribuito nel corso delle lezioni.

G. Tesoriere, *Strade, ferrovie, feroporti. Vol. 1, 2*, UTET, Torino, 1990-91.

P. Ferrari e F. Giannini, *Ingegneria stradale. Vol. 1, Geometria e progetto di strade*, 1991.

### ESAME

Un'unica prova orale articolata in più domande riguardanti sia gli argomenti trattati a lezione che il contenuto delle esercitazioni.

Anno: periodo 1:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+6+4 (ore settimanali)  
50+58+12 (nell'intero periodo)

Docente: L. Morra (collab.: Giorgio Garzino)

Il corso è diretto a fornire gli strumenti formativi di base nel campo della rappresentazione, nell'ambito dell'ingegneria civile, con specifico riferimento ai supporti teorici di geometria descrittiva, alla normativa in atto per il disegno tecnico, alla storia critica dell'architettura. Sono esaminati, in particolare, finalità, metodi e tecniche di rappresentazione grafica e modellistica da utilizzare nel generale *iter* progettuale per l'ingegneria civile, a servizio del rilievo dell'esistente, della progettazione di massima e di quella esecutiva.

#### REQUISITI

Si danno per acquisite le nozioni di geometria elementare e le relative costruzioni grafiche.

#### PROGRAMMA

La prima parte del corso ha per oggetto gli aspetti introduttivi del disegno per gli ingegneri: finalizzazione dei contenuti, tecniche utilizzabili, normativa tecnica e linguaggi grafici (simbologie, scritture, formati, sistemi di quotatura, lineamenti di disegno assistito dall'elaboratore elettronico).

La seconda parte del corso affronta i principali temi di geometria descrittiva: proiezioni ortogonali di Monge, proiezioni quotate, proiezioni assonometriche ortogonali e oblique, proiezioni centrali, rappresentazioni prospettiche (prospettive centrali frontali, prospettive accidentali, prospettive razionali, il disegno esploso), teoria delle ombre (applicazioni alle proiezioni ortogonali, alle assonometrie e alle prospettive).

L'ultima parte del corso ha per oggetto il rilievo architettonico, con richiami alle strutture murarie tradizionali e moderne e alla storia dell'architettura.

Il corso è pertanto orientativamente articolato sui sottoelencati argomenti:

*Il corso di disegno nell'ambito degli studi di ingegneria.* [2 ore]

*Il disegno come linguaggio;* metodi di rappresentazione, codificazioni grafiche; contenuto, tecnica, specializzazione del disegno; normativa per il disegno per l'ingegnere civile; formati, disposizione degli elementi grafici, piegatura dei fogli; scale grafiche, normalizzazione e scelta in funzione dei contenuti; tipi, grossezza ed applicazioni delle linee; rappresentazione dei materiali; rappresentazione schematica delle saldature, genesi del simbolo. [5 ore]

*Geometria descrittiva,* definizione; operazione proiettiva, proiezione conica o centrale, proiezione cilindrica o parallela; genesi spaziale dei metodi di rappresentazione, elementi variabili, riferimento alla terna di assi cartesiani; prospettive, assonometrie oblique, assonometrie ortogonali, proiezioni ortogonali di Monge. [3 ore]

*Le proiezioni ortogonali;* codificazione di Monge, caratteristiche, sviluppo delle viste e posizioni reciproche delle rappresentazioni; proiezione, ribaltamento, sistema europeo, sistema americano. [1 ora]

*Geometria descrittiva*; il punto nei quattro diedri, rappresentazione in proiezioni ortogonali; la retta nello spazio, rappresentazione in proiezioni ortogonali, proiezioni e tracce, condizioni di appartenenza punto-retta, rette incidenti, rette proiettanti; il piano nello spazio, rappresentazione in proiezioni ortogonali, tracce, condizioni di appartenenza punto-retta-piano, rette principali del piano, piani in posizione particolare, intersezione di piani, intersezione retta-piano; condizioni di parallelismo e di ortogonalità per rette e piani; ribaltamenti, vera distanza, vera grandezza. [9 ore]

*Omologia*, definizione; individuazione dei diversi tipi di omologia in funzione degli elementi centro, asse, punti corrispondenti; esame, attraverso l'omologia, dei metodi di rappresentazione già studiati. [2 ore]

*Assonometrie*, generalità; assonometrie ortogonali, determinazione dei coefficienti dimensionali di trasformazione realtà - immagine; assonometrie oblique, valori dimensionali unificati; applicazioni. [3 ore]

*Proiezioni centrali* del punto, della retta, del piano; prospettive, cenni storici; prospettiva centrale frontale, accidentale, razionale; metodo delle rette proiettanti, delle direzioni, delle fughe ausiliarie, dei punti misuratori, fughe di rette inclinate; applicazioni, disegno "esploso", disegno "spaccato". [8 ore]

*Teoria delle ombre*, generalità, convenzioni; ombre in proiezioni ortogonali di punto, segmento, figura piana, solido, di elementi architettonici con superfici non piane; ombre in assonometria; ombre in prospettiva; sorgente luminosa all'infinito; sorgente luminosa a distanza finita. [6 ore]

*Sistemi di quotatura*; quotatura nell'edilizia; quotatura nella carpenteria metallica. [2 ore]

*Proiezioni quotate*, definizioni; proiezioni quotate di punto, retta, piano, condizioni di incidenza, appartenenza, parallelismo, ortogonalità; piano quotato, linee di livello; applicazioni a superfici qualsiasi, profili, pendenze, distanze; coperture con falde a pendenza costante. [2 ore]

*Convenzioni grafiche* nel disegno architettonico; progettazione edilizia ed architettonica. [2 ore]

*Richiami alle strutture tradizionali e moderne*; evoluzione delle tecniche costruttive, delle forme, dei materiali; il linguaggio della compressione e quello della trazione; archi, volte semplici e composte, murature, solai; il passaggio verso le strutture portanti non a semplice compressione. [6 ore]

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella elaborazione di tavole grafiche su temi specifici, in applicazione di quanto svolto a lezione; nel rilievo di edifici mediante schizzi a mano libera; nella schedatura di un complesso costruito caratterizzante il territorio; nella costruzione del plastico di un'opera architettonica d'autore.

Le esercitazioni sono pertanto orientativamente articolate sui sottoelencati argomenti:

1. Tavole relative ad esempi di composizione grafica uniformata e non; a composizione di figure e solidi geometrici elementari, con esempi di ambito meccanico ed edilizio; a composizioni assonometriche e prospettiche, anche con ombre, di ambito architettonico.

2. Introduzione alla grafica informatizzata; sue potenzialità e limiti; applicazioni nel contesto degli argomenti del corso; illustrazione dei principali comandi relativi all'applicazione AutoCAD, svolgimento di tavole.
3. Il processo di schedatura; la lettura critica; individuazione dell'oggetto e degli argomenti delle schede, come schedare; schedatura di architetture e complessi costruiti caratterizzanti il tessuto e la storia della città e del territorio.
4. Plastico; fonti di documentazione e criteri per la scelta del modello; analisi della composizione volumetrica; materiali e attrezzi.

Alcuni elaborati potranno essere prodotti da piccoli gruppi di allievi.

## BIBLIOGRAFIA

Il riferimento principale è agli appunti presi a lezione e ad esercitazione.

N. Pevsner, *Storia dell'architettura europea*, 4. ed., Laterza, Bari, 1974.

S. Coppo, *Il disegno e l'ingegnere*, Levrotto & Bella, Torino, 1987.

*Manuale UNI MI : norme per il disegno tecnico, edilizia e settori correlati, Vol. 1 e 3*, UNI, Milano, 1990.

R. Nelva, *Convenzioni e norme del disegno tecnico di progetto in campo edilizio e architettonico : monografia didattica*, Vercelli, 1991.

G. Ceiner, *Il disegno e l'ingegnere. 2, Teoria delle ombre*, Levrotto & Bella, Torino, 1992.

P. Giandebiaggi, *Il disegno e l'ingegnere 3, Omologia e disegno*, Levrotto & Bella, Torino 1996

G. Garzino, *Il disegno e l'ingegnere 4, Il disegno calcolato*, Levrotto & Bella, Torino 1996

G. Moglia, *Il ruolo del disegno nella formazione culturale dell'ingegnere civile-edile : monografia didattica*, Vercelli, 1992.

G. Moglia, *Un percorso didattico sulla formazione della schedatura di complessi costruiti caratterizzanti il territorio*, Vercelli, 1994.

G. Moglia, *Un percorso didattico sulla formazione della composizione grafica*, Vercelli, 1995.

Materiale didattico distribuito durante il corso.

## ESAME

L'esame è costituito da una prova scritta e da una orale. La prova scritta consiste nella elaborazione di una tavola grafica su una semplice composizione architettonica da rappresentare in prospettiva e con ombre. Alla prova orale si accede superando positivamente lo scritto. La materia della prova orale corrisponde interamente al programma svolto a lezione e ad esercitazione; si sottolinea che è sempre toccato il tema della geometria descrittiva e quello della storia dell'architettura. Nel corso della sessione d'esame non è possibile ripetere la prova scritta. All'esame si accede avendo ottenuto la firma di frequenza entro il termine del corso. Tale firma si consegue consegnando gli elaborati delle esercitazioni. Il voto tiene conto delle valutazioni delle esercitazioni, della prova scritta e di quella orale.

**S 179 0****Elettrotecnica**

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Vito Carrescia

Il corso intende fornire agli allievi i fondamenti dell'elettrotecnica utili per comprendere i fenomeni elettrici elementari e l'impiego dell'energia elettrica negli impianti elettrici utilizzatori. Dopo avere introdotto le nozioni di base dell'elettrotecnica vengono studiati i modi di protezione contro i contatti diretti e indiretti, la protezione delle condutture contro le sovracorrenti e gli impianti elettrici negli edifici civili e nei cantieri.

**REQUISITI**

*Fisica 2.*

**PROGRAMMA**

- Introduzione all'elettrotecnica. Analogia con l'idraulica. Legge di Coulomb. Il campo elettrico, il potenziale, la tensione. Tipi di corrente. I bipoli in corrente continua e in regime quasi stazionario. Collegamento serie e parallelo. Resistore, generatore ideale di tensione e di corrente. Primo e secondo principio di Kirchhoff. Generatore reale di tensione. Partitore di tensione e di corrente. La potenza. Potenza massima erogata da un generatore reale di tensione. Metodo generale per la soluzione di una rete elettrica: equazioni ai nodi e alle maglie. Principio di sovrapposizione degli effetti e correnti di maglia. Teorema di Thévenin, di Norton e di Millman. [14 ore]
- Il terreno come conduttore elettrico, resistenza di terra di un dispersore, andamento dei potenziali sulla superficie del terreno, tensione totale e tensioni di contatto e di passo. Principali effetti deleteri della corrente elettrica sul corpo umano. Resistenza del corpo umano. Curva di sicurezza tensione - tempo. Protezione contro i contatti indiretti in un sistema TT. Interruttore differenziale. [6 ore]
- Carica e scarica di un condensatore, energia accumulata. Rappresentazione vettoriale di una grandezza vettoriale. Relazione tra tensioni e correnti alternate per la resistenza, l'induttanza, la capacità in serie e in parallelo. La potenza istantanea e il teorema di Boucherot. Il triangolo delle potenze, unità di misura, il rifasamento.
- I sistemi trifase simmetrici ed equilibrati. La potenza istantanea nei sistemi trifasi simmetrici, equilibrati e squilibrati. Misura della potenza attiva e reattiva, inserzione Aron. Confronto tra i sistemi trifase e monofase. [8 ore]
- Protezione contro i contatti indiretti in un sistema TN e IT. Bassissima tensione di sicurezza, di protezione e funzionale. [4 ore]
- Campo magnetico prodotto da una corrente elettrica. Legge della circuitazione. Sollecitazioni elettrodinamiche. Applicazione agli strumenti di misura. Principio di funzionamento di un trasformatore, perdite nel rame e nel ferro, circuito elettrico equivalente. Diagramma vettoriale nel funzionamento a vuoto e a carico. Cenni al motore asincrono trifase. [9 ore]
- Protezione delle condutture contro il sovraccarico e contro il cortocircuito. [4 ore]

## ESERCITAZIONI

Soluzione di reti elementari in corrente continua. [12 ore]

Soluzione di reti elementari in corrente alternata; Esercizi sulle potenze. [12 ore]

Esercizi sui sistemi trifase. [8 ore]

Presentazione e discussione di impianti elettrici in edifici civili e cantieri edili. [6 ore]

Visita ai laboratori dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità, Milano.

## BIBLIOGRAFIA

Merigliano, *Lezioni di elettrotecnica*, CLEUP, Padova.

Carrescia, *Fondamenti di sicurezza elettrica*, Hoepli.

Anno: periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2+6 (ore settimanali)

Docente: *da nominare*

Il corso si articola sostanzialmente in tre parti: meccanica, elettrostatica e ottica geometrica. Allo studente verrà spiegata la natura dei fenomeni che riguardano l'interazione tra corpi, dal punto di vista macroscopico, relativamente alla parte di programma sopra indicato, e verranno fornite le metodologie per rappresentare tali fenomeni. Nella prima parte verranno forniti i metodi fisici di base per l'interpretazione e la trattazione dei fenomeni coinvolgenti le forze e i campi vettoriali. Verrà studiata l'interazione tra corpi, sia puntiformi che estesi o rigidi, attraverso la cinematica, la statica e la dinamica. Particolare attenzione sarà posta sulle leggi di conservazione e sull'energia. Le metodologie fornite permetteranno allo studente di affrontare problemi di meccanica dei sistemi rigidi, dei sistemi continui, dei sistemi di particelle nonché problemi riguardanti le interazioni mediate da campi vettoriali, gravitazionale ed elettrostatico. Attraverso l'ottica geometrica allo studente saranno forniti i principi basilari della propagazione della luce.

#### REQUISITI

Agli studenti è vivamente consigliato di seguire le lezioni ed esercitazioni in aula. Per una migliore comprensione si consiglia inoltre di seguire nel primo semestre il corso di *Analisi 1*, e di affrontare l'esame di *Fisica 1* dopo quello di *Analisi*. Stessa importanza riveste il corso di *Geometria*, parallelo temporalmente a quello di *Fisica 1*.

#### PROGRAMMA

##### *Teoria della misura.*

- Grandezze fisiche. Unità di misura, misura di grandezze fisiche, errori strumentali, sistematici ed accidentali. Distribuzione gaussiana delle misure di una grandezza fisica.

##### *Meccanica.*

- Cinematica del punto. Moto rettilineo, rettilineo uniforme, armonico semplice, smorzato e curvilineo. Componenti intrinseche di velocità ed accelerazione, polari e cilindriche. Moto circolare, moti centrali, formula di Binet per i moti centrali e moti kepleriani. Composizione dei movimenti.
- Statica. Forze, definizione e composizione. Momenti, definizione e composizione. Composizione di forze parallele, baricentro delle forze peso, centro di massa, baricentro delle aree. Tipi di forze. Tensioni nelle funi. Legge della statica per i corpi puntiformi e non puntiformi. Reazioni vincolari, equilibrio stabile, instabile, indifferente.
- Dinamica. Principi della dinamica, dinamica dei processi oscillatori, libere, smorzate, forzate. Pendolo semplice. Moto curvo, momento della quantità di moto, e suo teorema, forze centrali e fittizie.

- Lavoro ed energia. Lavoro e potenza, teorema dell'energia cinetica, forze conservative ed energia potenziale. Conservazione dell'energia meccanica, e forze non conservative.
- Meccanica dei sistemi di particelle. Centro di massa, moto del centro di massa, massa ridotta. Teoremi di conservazione, dell'energia cinetica e della quantità di moto. Urto.
- Corpo rigido. Corpo girevole attorno ad un asse, calcolo dei momenti di inerzia. Pendolo composto ed energia cinetica di rotazione.
- Gravitazione. Legge della gravitazione, massa gravitazionale ed inerziale, campo gravitazionale, teorema di Gauss. Campo newtoniano.
- Elementi di elasticità. Deformazioni plastiche ed elastiche, compressione uniforme, scorrimento, trazione e compressione assiale, torsione e flessione.
- Meccanica dei fluidi. pressione di un punto in un liquido, statica dei fluidi pesanti ed equazioni, misurazione delle pressioni, dinamica dei fluidi, moto stazionario dei fluidi viscosi.

#### *Elettrostatica.*

- Elettrostatica nel vuoto. Carica elettrica e legge di Coulomb. Campo elettrico, campi generati da distribuzioni discrete e continue di cariche, teorema di Gauss, la prima equazione di Maxwell, potenziale elettrico e dipolo elettrico. Campo elettrostatico e distribuzione di cariche nei conduttori.
- Sistemi di conduttori. Capacità elettrica, sistemi di condensatori, energia del campo elettrostatico.
- Elettrostatica in presenza di dielettrici. La costante dielettrica, condensatori con dielettrici.

#### *Ottica geometrica.*

- Raggi luminosi, principio di Huygens, riflessione, rifrazione, leggi di Snell. Specchio, diottra, lente sottile. Sistemi di lenti.

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula hanno lo scopo di rendere più familiari allo studente i concetti appresi durante le lezioni. Gli esercizi svolti seguono di pari passo lo svolgimento delle lezioni, e gli argomenti trattati sono quelli fondamentali delle lezioni.

### LABORATORIO

Le esercitazioni in laboratorio servono allo studente per sviluppare alcuni aspetti della teoria il cui apprendimento può essere facilitato con l'ausilio di un elaboratore elettronico. All'inizio verranno fornite le informazioni base per l'uso del *computer*.

### BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

C. Mencuccini, V. Silvestrini, *Fisica I e II*, Liguori.

Testi ausiliari:

D. Halliday, R. Resnick, *Fisica I e II*, Casa Ed. Ambrosiana.

D. Roller, R. Blum, *Fisica I e II*, Zanichelli.

## ESAME

L'esame consiste in una prova scritta e in una prova orale che segue la prova scritta a partire dallo stesso giorno. La prima prova scritta della sessione di esami alla fine del corso costituisce un esonero per le prove scritte per tutte le sessioni dell'anno, se viene superata con votazione maggiore o uguale a 15/30. Tale esonero continua ad essere valido anche qualora lo studente si ritiri durante una sessione qualsiasi dell'anno. La prova scritta di una sessione ordinaria d'esami è superata positivamente con un voto maggiore o uguale a 15/30. Se lo studente si ritira durante l'esame, sia scritto che orale, può presentarsi alla sessione successiva. Durante la prova scritta possono essere consultati tutti i testi che si desidera, compresi gli appunti del corso. La registrazione di una bocciatura ha luogo solo nel caso che lo studente, invitato a lasciare l'esame orale su consiglio del docente per evidente impreparazione, voglia continuare comunque l'esame. L'esame orale consiste in tre domande o più sugli argomenti principali del corso. Nella valutazione del voto complessivo, il voto dello scritto conta come una quarta domanda.

Anno: periodo 2:1

Docente: Michelangelo Agnello

La prima parte del corso si propone di fornire gli elementi di base necessari per la comprensione dell'elettromagnetismo nel vuoto e nella materia, della teoria delle onde elettromagnetiche e dell'ottica ondulatoria. La seconda parte è dedicata ai principi fondamentali della fisica atomica. Nella terza parte viene trattata la termodinamica.

#### PROGRAMMA

- Campo elettrico nella materia: dielettrici e conduttori. Proprietà di trasporto nei conduttori.
- Campo magnetico nel vuoto e nella materia. Materiali diamagnetici, paramagnetici e ferromagnetici.
- Campi elettrici e magnetici dipendenti dal tempo: legge dell'induzione elettromagnetica, induttanze e cenni ai circuiti RLC. Equazioni di Maxwell.
- Onde elettromagnetiche nel vuoto e nella materia.
- Ottica ondulatoria: interferenza e diffrazione. Propagazione delle onde elettromagnetiche in mezzi anisotropi. Polarizzazione.
- Interazione radiazione elettromagnetica - materia. Effetto fotoelettrico ed effetto Compton.
- Meccanica quantistica: dualismo onda - particella, principio di indeterminazione, cenni all'equazione di Schrödinger. Funzione d'onda e sua interpretazione.
- Emissione spontanea e indotta: laser.
- Termodinamica classica: temperatura e calore. Primo e secondo principio. Elementi di termodinamica statistica.

#### BIBLIOGRAFIA

M. Alonso, E.J. Finn, *Elementi di fisica per l'università. Vol. 1 e 2*, Masson, Milano, 1982.

C. Mencuccini, V. Silvestrini, *Fisica 2*, Liguori, 1987.

E. Amaldi, R. Bizzarri, G. Pizzella, *Fisica generale*, Zanichelli, Bologna, 1991.

Anno: periodo 3:2

Docente: Gian Vincenzo Fracastoro (collab.: Marco Perino)

Il corso di *Fisica tecnica* stabilisce un collegamento fra i corsi del biennio e quelli del triennio, fornendo agli allievi le metodologie di base per l'analisi dei problemi di termodinamica applicata, trasporto di calore e di massa e le principali nozioni di base di illuminotecnica ed acustica. Tali argomenti sono propedeutici ai corsi di *Tecnica del controllo ambientale ed Impianti termotecnici*.

#### REQUISITI

*Fisica 1 e 2, Idraulica.*

#### PROGRAMMA

- Generalità, definizioni. Reversibilità e irreversibilità. Lavoro. Calore. Primo Principio per sistemi chiusi e aperti. Energia interna ed entalpia.
- Secondo Principio. Entropia. Enunciati vari. Rendimento delle macchine termiche. Ciclo di Carnot. COP macchine inverse. Exergia. Equazione dell'energia in forma meccanica.
- Proprietà dei diagrammi ( $p,v$ ) e ( $T,s$ ). Trasformazioni isentalpiche. Cicli dei gas ideali: Otto, Diesel, Stirling. Cicli inversi a gas.
- Liquidi e vapori. Diagramma di Amagat. Diagramma di Mollier. Ciclo Rankine-Hirn. Cicli inversi a compressione.
- Cicli inversi ad assorbimento. Gas di Van der Waals. Psicrometria. Diagramma di Mollier aria umida.
- Trasformazioni aria umida. Impianti condizionamento.
- Moto dei fluidi. Resistenze al moto. Moti per differenza di densità. Legge di Fick. Generalità su conduzione, convezione e irraggiamento.
- Conduzione. Legge di Fourier. Equazione generale della conduzione. Problemi in coordinate rettangolari e cilindriche e con diverse condizioni al contorno. Transitori termici.
- Scambiatori di calore. Generalità e calcolo del profilo di temperatura in scambiatori in linea. Metodo NUT. Alette di raffreddamento.
- Convezione. Strato limite. Convezione forzata. Convezione naturale. Intercapedini.
- Irraggiamento. Corpo nero e sue leggi. Scambio termico per irraggiamento fra corpi neri e grigi.
- Acustica. Grandezze fondamentali. Velocità del suono. Acustica fisiologica.
- Fonoassorbimento. Tempo di riverberazione. Fonoisolamento. Cenni di fonometria. Livello equivalente.
- Fotometria e colorimetria. Sorgenti luminose. Illuminamento da sorgente puntiforme e superficiale.

Anno: periodo 2:1

Docente: Claudio Demartini (collab.: Luca Durante)

Il corso ha lo scopo di fornire un'ampia ed approfondita introduzione che possa servire sia per lo studio che per l'impiego reale degli elaboratori nell'ambito industriale. Molti degli argomenti, introdotti in termini generali, vengono approfonditi mediante esercizi tratti da applicazioni reali degli elaboratori. Particolare attenzione viene rivolta agli aspetti della programmazione al fine di fornire agli allievi una adeguata conoscenza delle metodologie di analisi dei problemi e delle tecniche di sviluppo dei programmi.

### PROGRAMMA

Il corso è articolato in otto sezioni principali:

- A. Concetti generali,
- B. La struttura del calcolatore
- C. Algoritmi e strutture dati
- D. Circuiti combinatori e sequenziali
- E. Architettura del processore e linguaggi a basso livello
- F. La programmazione ed i linguaggi ad alto livello
- G. I sistemi operativi ed i *file*
- H. Le reti di comunicazione

#### A. *Concetti generali*

Questa introduzione fornisce in termini generali alcune nozioni di base e costituisce inoltre un utile ripasso per coloro che hanno già qualche conoscenza dell'argomento. Vengono definiti, in particolare, i concetti di elaborazione, informazione, dato, sistema, modello e algoritmo.

#### B. *La struttura del calcolatore*

In questa sezione viene preso in esame in termini generale lo *hardware* dei sistemi di elaborazione. Vengono analizzate le unità che costituiscono tipiche configurazioni di elaboratori di varie dimensioni ed è fornita una breve descrizione delle funzioni di queste unità; sono inoltre menzionati alcuni problemi dovuti alle loro differenti caratteristiche.

#### C. *Algoritmi e strutture dati*

Viene introdotto il concetto di algoritmo come procedimento che, eseguito per risolvere un dato problema, fornisce informazioni finali (risultati) dipendenti da un insieme di informazioni iniziali (dati di ingresso). Il procedimento risolutivo sarà costituito da un insieme di passi (istruzioni), ognuno dei quali specifica un'operazione elementare. Vengono, inoltre, esaminate le principali strutture dati utilizzabili con gli algoritmi più comuni.

#### D. *Circuiti combinatori e sequenziali*

In questa sezione viene esposto il modo di rappresentare i dati nella memoria interna di un elaboratore, e nei mezzi di memorizzazione esterni ai quali un elaboratore può avere accesso. Parte degli argomenti trattati riguardano il calcolo aritmetico, l'algebra di Boole con la definizione delle porte logiche corrispondenti agli operatori propri

dell'algebra. Particolare attenzione viene rivolta all'introduzione dei circuiti combinatori e sequenziali.

#### E. *Architettura del processore e linguaggi a basso livello*

Vengono analizzati alcuni degli obiettivi di un processore e vari aspetti della sua struttura tipica: per semplificare l'analisi viene utilizzato un modello di elaboratore astratto. Vengono, inoltre, analizzate le caratteristiche delle varie unità periferiche orientando l'attenzione verso quelle più usate e diffuse. Si definisce, inoltre, il concetto di interfaccia, ponendo in evidenza le modalità fisiche con cui le periferiche possono essere collegate al processore. Sulla base del modello astratto del processore viene anche presentato il linguaggio di programmazione *assembler* e gli strumenti per effettuare le operazioni di traduzione (assemblatori).

#### F. *La programmazione ed i linguaggi ad alto livello*

Questa sezione presenta la classe dei linguaggi di programmazione ad alto livello; spiega la loro natura, delinea il loro sviluppo e analizza i loro obiettivi. Descrive, inoltre, con particolare attenzione il linguaggio Pascal, del quale viene presentata la sintassi e che rappresenta lo strumento primario per risolvere i problemi di programmazione proposti durante le esercitazioni. Viene, inoltre, presentato con attenzione il funzionamento del compilatore ed il suo utilizzo.

#### G. *I sistemi operativi ed i file*

Questa sezione si occupa dei sistemi operativi come strumento indispensabile per trasformare lo *hardware* dell'elaboratore in una macchina utile. Viene illustrata la differenza tra sistema operativo monoutente, monoprogrammazione e multiutente, multiprogrammazione, introducendo il concetto della condivisione delle risorse e dell'accesso concorrente ad esse. Viene, inoltre, descritta la struttura tipica di un sistema operativo. Particolare attenzione viene dedicata anche alla illustrazioni delle funzioni e della struttura dei *file system*.

#### H. *Le reti di comunicazione*

Questa sezione rappresenta una breve introduzione al settore della comunicazione dati. In primo luogo viene considerato il modo con cui può avvenire il trasferimento dati tra due soli calcolatori, successivamente viene effettuata una panoramica sui vari tipi di reti di comunicazione, esaminando le caratteristiche e le funzionalità di ciascuna di esse.

### LABORATORIO

Le esercitazioni di laboratorio hanno come oggetto lo sviluppo di applicativi da parte degli allievi con l'impiego del linguaggio di programmazione Pascal. Gli allievi potranno sperimentare su problemi reali le metodologie di analisi giungendo alla formalizzazione delle relative specifiche.

### BIBLIOGRAFIA

Peter Bishop, *L'informatica*, Jackson, 1990.

Judy Bishop, *Pascal : corso di programmazione*, Addison-Wesley, 1994.

### ESAME

L'esame consta di uno elaborato scritto comprendente due parti:

- Teoria
- programmazione

seguito da un colloquio orale per la discussione dell'elaborato.

Condizione necessaria, ma non sufficiente, per il superamento dell'esame è il conseguimento del risultato positivo nella parte di teoria presente nell'elaborato.

Anno: periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Giulio Tedeschi (collab.: Maria Luisa Spreafico)

Il corso si propone di fornire le principali tecniche dell'algebra lineare (operatori lineari, risoluzione di sistemi lineari e di sistemi differenziali lineari) descritte con il linguaggio geometrico della teoria degli spazi vettoriali. Segue poi una parte più propriamente geometrica dedicata alla geometria analitica del piano e dello spazio e ad ai primi elementi della geometria differenziale delle curve. Completa il corso, al suo inizio, l'introduzione del corpo dei numeri complessi e lo studio della riducibilità dei polinomi.

#### REQUISITI

È essenziale la conoscenza dei concetti principali e delle tecniche di calcolo acquisite nel corso di *Analisi matematica I*.

#### PROGRAMMA

*Vettori*: [3 ore]

– definizione, operazioni, componenti, prodotto scalare e vettoriale.

*Numeri complessi*: [6 ore]

– motivazione, definizione, operazioni, il problema della riducibilità dei polinomi.

*Spazi vettoriali*: [6 ore]

– esempi, definizione, sottospazi, somma e somma diretta.

*Dipendenza lineare*: [6 ore]

– combinazioni lineari, generatori, vettori indipendenti, basi, dimensione, dimensione dei sottospazi, rango di matrici.

*Applicazioni lineari*: [12 ore]

– definizione, modo di indicarle, matrici, rango, nucleo, immagine, fibre, ricerca di controimmagini, sistemi lineari, teorema di Rouché–Capelli, determinanti.

*Autolavori e autovettori*: [8 ore]

– definizione, diagonalizzabilità delle matrici, soluzione di sistemi differenziali lineari, sottospazi invarianti, il teorema di Cayley–Hamilton, la forma canonica di Jordan.

*Spazi euclidei*: [3 ore]

– definizione, matrici ortogonali, diagonalizzabilità delle matrici simmetriche reali, preparazione alle serie di Fourier.

*Geometria piana*: [8 ore]

– coordinate, equazioni di rette e circonferenze, classificazione delle coniche.

*Geometria solida*: [12 ore]

– coordinate, equazioni di rette, piani, sfere e circonferenze, equazioni di coni, cilindri e superfici di rotazione, cenni sulle quadriche.

*Geometria differenziale*: [6 ore]

– triedro fondamentale, retta tangente, piano osculatore, parametrizzazione intrinseca, curvatura, torsione, cerchio osculatore.

## ESERCITAZIONI

1. Vettori [5 ore]
2. numeri complessi [5 ore]
3. spazi e sottospazi [4 ore]
4. applicazioni lineari, autovalori e autovettori [10 ore]
5. spazi euclidei e forme quadratiche [4 ore]
6. forma canonica di Jordan [4 ore]
7. geometria analitica del piano [6 ore]
8. geometria analitica dello spazio [12 ore]
9. geometria differenziale delle curve [4 ore]

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

S. Greco S, P. Valabrega, *Lezioni di algebra lineare e geometria. Vol. I, Algebra lineare. Vol. II, Geometria analitica e differenziale*. Levrotto & Bella, Torino 1994.

Testi ausiliari:

E. Sernesi, *Geometria 1*, Bollati Boringhieri, Torino, 1990. (Per maggiori approfondimenti su un testo adatto a matematici).

S. Lang, *Linear algebra*, Addison-Wesley, Reading (Mass.), 1966. (Trad. it. *Algebra lineare*, Bollati Boringhieri, Torino, 1970). (Per approfondire aspetti teorici dell'algebra lineare e migliorare il proprio inglese).

## ESAME

L'esame si può sostenere con due modalità diverse. All'inizio di ogni prova scritta, qualunque sia la modalità, lo studente dovrà esibire un documento di identità con foto, possibilmente il tesserino o il libretto del Politecnico.

1. *Esame con due prove scritte durante il semestre.*

Lo studente può sostenere due prove scritte, che si svolgono a metà e al termine del corso, durante le quali è vietato usare libri o appunti.

Prima prova scritta (primi di maggio, durata 50-60 minuti): è un *test* a risposte multiple di 15-20 domande nel quale lo studente è richiesto di individuare fra varie la risposta giusta. Le domande riguardano esclusivamente la prima parte del corso (algebra lineare e numeri complessi);

seconda prova scritta (fine corso, durata 60-90 minuti): lo studente deve svolgere esercizi di geometria analitica piana e spaziale (inclusa eventualmente la geometria differenziale delle curve). Le risposte finali ad ogni questione vanno raccolte nel foglio risposte e vengono corretti esclusivamente gli esercizi ai quali ci sia risposta.

Chi raggiunge complessivamente fra le due prove un punteggio maggiore di 15/30 può sostenere direttamente la prova orale in un qualunque appello di esami fra giugno e ottobre. Per sostenere l'orale con questo tipo di prova scritta sarà necessario prenotarsi presso lo sportello esterno del dipartimento di Matematica (III piano lato aule pari) entro i termini che verranno a suo tempo indicati. Questa prova scritta può essere utilizzata per presentarsi all'orale per un massimo di due volte, delle quali una negli appelli di giugno e luglio e una negli appelli di settembre e ottobre. Alla fine di

ottobre la prova scritta è considerata definitivamente scaduta e non può essere più utilizzata in alcun modo.

2. *Esame con prova scritta tradizionale.*

Lo studente che non raggiunga i 15/30 nei *test* di cui in *I* (o non partecipi a questi) si presenterà all'esame, in uno degli appelli previsti dal calendario, per sostenere una prova scritta, nella quale dovrà risolvere esercizi e problemi sugli argomenti del corso. Le risposte finali ad ogni quesito dovranno essere raccolte nel foglio risposte: saranno corretti i soli esercizi con risposta. Al termine della prova i partecipanti ricevono un foglio contenente le soluzioni ai quesiti proposti; ognuno ha 10 minuti per esaminare tali soluzioni e decidere se ritirare il compito già consegnato (nel qual caso non resta traccia della partecipazione) ovvero consegnarlo definitivamente per sostenere la prova orale, necessariamente nello stesso appello. Durante queste prove è consentito usare libri e appunti.

In sede di orale (con modalità 1 o 2 indifferentemente) agli studenti (soprattutto a quelli con scritto insufficiente) potrà essere richiesto di svolgere un esercizio scritto, preliminare all'orale vero e proprio.

Nota. Le modalità di esame potranno subire variazioni, qualora vengano attuate nuove decisioni della Facoltà di Ingegneria sugli appelli e le sessioni.

Anno: periodo 4:2

Docente: Diego Lo Presti (collab. Cristina Pepe, Renzo Pallara)

Il corso si pone come obiettivo di fornire gli elementi fondamentali riguardanti la meccanica e l'idraulica dei terreni. I risultati sperimentali di maggiore interesse vengono inquadrati nell'ottica di comportamento semplificate al fine di risolvere alcuni problemi al finito caratteristici dell'Ingegneria delle Fondazioni (capacità portante e cedimenti delle fondazioni superficiali e profonde, spinte sulle opere di sostegno) nonché i problemi relativi ai moti di filtrazione transitori e stazionari.

#### PROGRAMMA

Presentazione del corso [1 ora]

Principio degli sforzi efficaci, tensioni geostatiche e storia tensionale [2 ore]

Rappresentazione degli stati tensionali. Tensioni indotte dai sovraccarichi. Soluzioni elastiche [2 ore]

Parametri di Skempton e campionamento indisturbato [2 ore]

Idraulica dei terreni: concetti generali, sifonamento, stabilità del fondo scavo [2 ore]

Equazione del moto di filtrazione [2 ore]

Flusso stazionario: moto confinato e non confinato [2 ore]

Pressione di preconsolidazione e compressibilità edometrica [2 ore]

Teoria della consolidazione monodimensionale, pregi e limiti [2 ore]

Cedimento secondario; dreni verticali [2 ore]

Apparecchiature e prove di laboratorio [4 ore]

Resistenza al taglio di terreni coesivi [2 ore]

Resistenza al taglio di terreni incoerenti [2 ore]

Deformabilità dei terreni [2 ore]

Indagini in sito (Programma delle indagini, sondaggi e campionamento) [2 ore]

Indagini in sito (Sismiche, SBP, PLT) [2 ore]

Indagini in sito (Penetrometriche, scissometriche, piezometriche e permeabilità) [2 ore]

La plasticità. I teoremi dell'analisi limite. Il metodo dell'equilibrio limite globale.

Generalità sulle opere di sostegno e sulle spinte [2 ore]

Opere di sostegno. Fattori che influenzano il regime delle spinte [2 ore]

Verifiche di stabilità. Opere provvisoriale [2 ore]

La rottura delle fondazioni superficiali. Le soluzioni disponibili (Terzaghi e Brinch Hansen): limiti di applicabilità [2 ore]

Generalità sui pali. La capacità portante di un singolo palo nei terreni incoerenti [2 ore]

I cedimenti delle fondazioni superficiali nei terreni coesivi [2 ore]

I cedimenti delle fondazioni superficiali nei terreni non coesivi [2 ore]

Palificate e gruppi di pali [2 ore]

#### ESERCITAZIONI

Alcune esercitazioni si svolgono presso il LAIB di Vercelli mediante l'uso di *Personal Computers* (PC)

Classificazione dei terreni [4 ore]

Tensioni geostatiche e sovraconsolidazione [4 ore]

Tensioni indotte dai carichi di superficie (PC) [4 ore]

Idraulica dei terreni. Flusso stazionario: problemi di flusso confinato [4 ore]

Idraulica dei terreni. Flusso stazionario: problemi di flusso non confinato [4 ore]

Idraulica dei terreni. Flusso transitorio: consolidazione monodimensionale. Cenni sui dreni verticali (PC) [4 ore]

Resistenza al taglio, concetti generali (criterio di rottura, stress paths, apparecchio triassiale), prova CD, resistenza al taglio residua [4 ore]

Resistenza al taglio, prova UU, prova CU, influenza della  $\sigma_2$  e dell'anisotropia [4 ore]

Deformabilità: E, G, evidenziando bene la non - linearità, la dipendenza dalle tensioni efficaci, l'anisotropia (PC) [4 ore]

Calcolo delle spinte sulle opere di sostegno (PC) [4 ore]

Verifica delle opere di sostegno [4 ore]

Capacità portante delle fondazioni superficiali [4 ore]

Capacità portante delle fondazioni profonde [4 ore]

Cedimenti delle fondazioni superficiali [4 ore]

Comportamento dei pali in gruppo

## BIBLIOGRAFIA

R. Lancellotta, *Geotecnica*, Zanichelli.

## ESAME

Prova scritta e orale a fine corso.

Anno:periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Piercarlo Ravazzi (collab.: Emilio Paolucci)

Finalità della parte di economia politica è l'apprendimento della logica economica per interpretare il funzionamento del sistema economico sulla base delle teorie più rilevanti. Dopo una descrizione dei problemi e degli strumenti occorrenti per decodificare un sistema economico aggregato, vengono presentate le due più rilevanti teorie macroeconomiche interpretative del suo funzionamento: la scuola neoclassica e quella keynesiana.

Scopo della parte aziendale è invece l'apprendimento dei fondamenti contabili e della struttura civilistica del bilancio d'impresa e dei metodi di analisi della finanza manageriale.

#### REQUISITI

Gli strumenti di base dell'algebra e del calcolo differenziale.

#### PROGRAMMA

- I problemi e i termini dell'economia politica. [8 ore]
- La contabilità nazionale e finanziaria con particolare riferimento al sistema economico italiano. [12 ore]
- Il sistema economico come interazione di operatori funzionali: la famiglia, l'impresa e il mercato finanziario. [12 ore]
- La macroeconomia neoclassica di piena occupazione: il mercato del lavoro; la teoria dell'interesse; il ruolo della politica economica. [8 ore]
- La disoccupazione nella teoria macroeconomica keynesiana (il modello IS-LM). [8 ore]
- L'economia aperta: l'equilibrio interno ed esterno con prezzi e cambi fissi e flessibili. [8 ore]

#### ESERCITAZIONI

1. Cenni di contabilità generale finalizzati alla comprensione della logica sottostante alla redazione del bilancio. [4 ore]
2. Il bilancio dell'impresa: struttura civilistica e fiscale e contenuto delle voci dello stato patrimoniale, del conto economico e della nota integrativa. [16 ore]
3. Normalizzazione del bilancio aziendale per l'analisi finanziaria. [4 ore]
4. Metodi di analisi e simulazione finanziaria: l'analisi esterna secondo la Centrale dei bilanci. [12 ore]
5. Metodi di analisi e simulazione finanziaria: l'analisi interna mediante un Sistema Integrato Manageriale. [12 ore]

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

P. Ravazzi, *Dispense di economia politica*, distribuite durante le lezioni.

P. Ravazzi, *Un modello integrato di analisi e simulazione per l'impresa manageriale*, Giappichelli, 1991.

Questo materiale è sufficiente a preparare in modo esaustivo l'esame. Le lezioni in classe seguiranno questa impostazione, cercando di semplificare il contenuto per renderlo accessibile a tutti e lasciando allo studente l'onere di perfezionare autonomamente l'apprendimento.

Testi ausiliari:

R. Dornbusch e S. Fischer, *Macroeconomia*, Il Mulino, 1988 (capitoli da I-XI e da XIII-XVI).

Qualsiasi volume aggiornato di ragioneria che tratti della contabilità e del bilancio d'esercizio di un'impresa industriale.

## ESAME

Gli accertamenti scritti previsti durante il semestre sono due, ciascuno composto di una parte di economia politica e di una parte di economia aziendale. Ogni appello d'esame sarà invece esclusivamente orale.

**S 321 5****Meccanica applicata alle macchine + Macchine (i)**

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 8+5+3 (ore settimanali)

Docente: Matteo Andriano

Il corso si propone di illustrare agli allievi i concetti fondamentali della meccanica applicata e delle macchine allo scopo di consentire ad essi valutazioni qualitativamente e quantitativamente corrette dei frequenti e spesso importanti effetti delle azioni meccaniche sulle strutture o sulle realizzazioni dell'ingegneria civile.

Anche le problematiche connesse all'attività di cantiere e quelle legate alla presenza delle macchine e degli impianti nelle opere civili potranno essere affrontate con conoscenze idonee.

**REQUISITI**

*Meccanica razionale, Fisica tecnica.*

**PROGRAMMA**

*Meccanica applicata alle macchine.* [33 ore]

- Richiami di cinematica, moti piani, sistemi articolati, eccentrici. [8 ore]
- Leggi dell'attrito e dell'aderenza; cenni sulla lubrificazione; lavori e rendimenti; coppie elementari. [8 ore]
- Ruote dentate, rotismi ordinari e epicycloidali, giunti, cuscinetti, organi flessibili, paranchi, freni. [8 ore]
- Problemi di dinamica; reazioni sul telaio; il volano; equilibramento di forze d'inerzia; oscillazioni libere e forzate; velocità critiche. [9 ore]

*Macchine.* [32 ore]

- Richiami di termodinamica; le trasformazioni di compressione ed espansione, il ricupero ed il controricupero; applicazione del Primo Principio al flusso attraverso i condotti; la portata. [8 ore]
- Ciclo di Rankine; cicli a ricupero e cogenerazione; le turbomacchine; principi di funzionamento; il lavoro e la potenza; la similitudine; le turbine a vapore. [8 ore]
- I compressori; caratteristica manometrica dei turbocompressori; compressori alternativi; ciclo reale; compressori rotativi. [6 ore]
- Le macchine idrauliche; i tipi di turbine e il numero di giri caratteristico; le pompe; caratteristica manometrica; problemi di installazione e la cavitazione. [6 ore]
- La turbina a gas; gli impieghi; i motori alternativi a combustione interna; caratteristiche di funzionamento e problemi di installazione. [4 ore]

**ESERCITAZIONI**

1. Esercizi di cinematica; determinazione di traiettorie, velocità e accelerazioni in cinematici vari, e sistemi articolati. [5 ore]
2. Giunti, perni, coppie elementari, attrito, meccanismi di sollevamento, rendimento, condizioni di irreversibilità del moto. [6 ore]

3. Cuscinetti, diagrammi di carico, ruote dentate e ruotismi ordinari e epicicloidali; gru da cantiere, movimenti del carico e effetti dinamici; freni a ceppi e a nastro. [4 ore]
4. Forze d'inerzia, centrifughe ed alterne; momento motore; azioni dinamiche sui supporti; vibrazioni, oscillazioni libere e forzate. [6 ore]
5. Esempi di applicazioni del Primo Principio a moti permanenti; comportamento di un condotto convergente-divergente; impianto a vapore semplice e a ricupero. [5 ore]
6. Compressore centrifugo e compressore volumetrico; calcolo di portate e potenze; problemi sulle fondazioni; installazione di scelta del tipo; condizioni di non cavitazione. [6 ore]
7. Calcoli sui motori alternativi; potenza e consumo; condizioni *standard*; azioni sugli appoggi. [3 ore]

#### BIBLIOGRAFIA

Sono distribuiti appunti sugli argomenti svolti a lezione

Testi ausiliari:

Testi vari di meccanica applicata e di macchine; in particolare:

G. Ricci, *Meccanica applicata alle macchine*, Levrotto & Bella.

#### ESAME

L'esame consiste in una prova orale, durante la quale può essere richiesta l'impostazione di calcoli legati a problemi pratici reali.

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: *da nominare*

Scopo del corso è l'acquisizione dei modelli e metodi matematici atti allo studio di sistemi meccanici. Viene trattata la meccanica del corpo rigido e dei sistemi articolati, con particolare attenzione agli aspetti analitici e applicativi riguardanti l'ingegneria meccanica. Vengono inoltre introdotti i fondamenti matematici della meccanica dei continui.

### REQUISITI

È opportuna una buona conoscenza di analisi matematica, geometria e *Fisica 1*.

### PROGRAMMA

*Calcolo vettoriale e tensoriale.* [6 ore]

– Teoria dei vettori liberi e applicati. Riduzione di sistemi di vettori applicati. Tensori euclidei e matrici. Algebra e analisi tensoriale. Operatori differenziali.

*Cinematica del moto rigido.* [14 ore]

– Modellizzazione discreta di sistemi materiali. Classificazione cinematica dei vincoli; vincoli di posizione e di rigidità. Sistemi olonomi, coordinate lagrangiane, gradi di libertà. Richiami di cinematica del punto. Cinematica del moto rigido. Formula fondamentale delle velocità. Analisi dell'atto di moto rigido, asse del moto elicoidale. Moti relativi e composizione di moti rigidi. Angoli di Eulero, velocità angolare di rotazione, moto sferico. Moti rigidi piani; centro di velocità, polari, profili coniugati. Cinematismi piani e problemi di trasmissione del moto.

*Cinematica dei continui.* [4 ore]

– Modellizzazione continua dei sistemi materiali; descrizione euleriana e lagrangiana del moto. Analisi della deformazione finita. Gradiente di velocità, sua decomposizione e studio locale dell'atto di moto.

*Geometria delle masse.* [8 ore]

– Baricentri, momenti statici, di inerzia e centrifughi. Tensore ed ellissoide d'inerzia; assi principali d'inerzia. Quantità di moto, momento angolare, energia cinetica e loro espressione per sistemi rigidi. Teorema del trasposto ed equazione di bilancio di conservazione della massa per sistemi dinamici continui.

*Equazioni fondamentali della dinamica e della statica.* [18 ore]

– Principi della dinamica. Classificazione delle forze attive. Reazioni vincolari; coppie cinematiche senza attrito e riduzione del sistema di reazioni vincolari. Equazioni cardinali della statica. Studio analitico e grafico di equilibrio e di reazioni vincolari. Teoremi della quantità di moto e del momento angolare e relativi integrali primi. Teorema e integrale primo dell'energia; analisi qualitativa del moto di sistemi con un grado di libertà. Riduzione delle forze d'inerzia; applicazioni analitiche e grafiche allo studio di moti e reazioni vincolari dinamiche. Moto di un solido con asse fisso; rotore equilibrato dinamicamente e staticamente. Equazioni di Eulero del moto di un solido con punto fisso. Sistemi a struttura giroscopica e moti di

precessione regolare; fenomeni giroscopici elementari. Dinamica relativa ed equilibrio relativo.

*Introduzione alla dinamica dei continui.* [6 ore]

- Teorema di bilancio della quantità di moto, lemma di Cauchy, tensore degli sforzi. Applicazioni a fluidi perfetti e barotropici. Cenni introduttivi sulle equazioni alle derivate parziali della fisica matematica.

*Meccanica dei sistemi olonomi.* [8 ore]

- Equazione simbolica della dinamica e principio dei lavori virtuali. Energia cinetica di sistemi olonomi. Equazioni di Lagrange; energia generalizzata ed equazioni di Hamilton (cenni). Analisi del moto nello spazio delle fasi.

*Stabilità, vibrazioni e analisi del moto.* [8 ore]

- Stabilità delle configurazioni di equilibrio. Funzione di Liapunov e criteri di stabilità. Linearizzazione delle equazioni del moto. Vibrazioni libere, modi e frequenze proprie di vibrazione di sistemi conservativi. Ricerca delle soluzioni del moto; cenni sui metodi di integrazione numerica di sistemi dinamici non lineari.

## ESERCITAZIONI

1. Agli studenti sono proposti esercizi e problemi applicativi sui seguenti argomenti: Cinematica del punto e del corpo rigido. [12 ore]
2. Sistemi di vettori applicati e riduzione delle forze d'inerzia. [4 ore]
3. Problemi di statica e dinamica con calcolo di reazioni vincolari. [10 ore]
4. Principio dei lavori virtuali; conservazione dell'energia. [4 ore]
5. Equazioni di Lagrange. [6 ore]
6. Dinamica e statica relativa. [4 ore]
7. Stabilità di configurazioni di equilibrio, linearizzazione delle equazioni del moto e frequenze proprie di vibrazione. [8 ore]

## LABORATORIO

[8 ore, facoltative]

Nell'ultimo mese del corso gli studenti potranno svolgere un ciclo di esercitazioni di approfondimento su *personal computer* presso il LAIB, riguardanti l'analisi del moto di particolari sistemi meccanici non lineari.

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

M. Fabrizio, *Introduzione alla meccanica razionale e ai suoi metodi matematici*, Zanichelli, Bologna, 1991.

R. Riganti, *Fondamenti di meccanica classica*, Levrotto & Bella, Torino, 1987.

Testi ausiliari:

Bampi, Morro, *Problemi di meccanica razionale*, ECIG, Genova, 1984.

S. Nocilla, *Meccanica razionale*, Levrotto & Bella, Torino, 1981.

È disponibile, presso la segreteria didattica del dipartimento di Matematica, una raccolta dei temi d'esame assegnati negli appelli degli ultimi anni accademici.

## ESAME

L'esame consiste di una prova scritta e una orale. La prova scritta può essere sostenuta una sola volta in ciascuna delle sessioni d'esame. È consentito effettuare la prova scritta nella terza sessione e concludere l'esame con la prova orale nella quarta sessione. È anche consentito sostenere la prova scritta e la prova orale in appelli diversi della medesima sessione. Inoltre durante l'ultimo periodo del semestre è prevista una prova scritta, il cui superamento comporta l'esonero dalla prova scritta per gli appelli di giugno-luglio. È necessario iscriversi all'esame presso la segreteria didattica del dipartimento di Matematica.

Anno: periodo 3:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Cecilia Surace (collab.: Mauro Borri Brunetto)

Il corso è di carattere formativo e di base per gli insegnamenti successivi. Nel corso sono forniti strumenti per l'analisi statica delle strutture ed il comportamento in campo elastico. L'insegnamento prevede inoltre l'applicazione di sistemi di calcolo automatico (presso il laboratorio informatico), pertanto si richiedono elementari conoscenze di informatica.

### REQUISITI

Corsi di *Analisi matematica*, *Meccanica razionale*, *Fisica I*.

### PROGRAMMA

- La geometria delle aree: vengono trattate le leggi per la trasformazione del vettore posizione, dei momenti statici e d'inerzia. Si determinano analiticamente e graficamente le direzioni ed i momenti centrali d'inerzia.
- Equazioni fondamentali della statica: dopo un'introduzione alla cinematica e alla statica dei sistemi di travi, si introducono le equazioni cardinali della statica, i vincoli e le reazioni vincolari. In tal modo è possibile procedere alla successiva analisi delle caratteristiche di sollecitazione.
- Analisi dello stato di tensione e di deformazione: viene introdotto il concetto di tensore delle deformazioni, tensore degli sforzi, dilatazione lineare, scorrimento angolare, tensioni normali e tangenziali per poi trattare le leggi di trasformazione dei tensori per rotazioni del sistema di riferimento. Si introducono le direzioni principali di tensione e di deformazione, le equazioni indefinite di equilibrio, le equazioni di congruenza.
- Il solido elastico: dopo aver introdotto il principio dei lavori virtuali, viene trattato il problema della elasticità lineare ed i teoremi energetici (Clapeyron, Betti, Castigliano).
- Il solido di Saint Venant: l'applicazione delle ipotesi di Saint Venant permette di semplificare il problema della determinazione dello stato di tensione e di deformazione puntuale nel caso di particolari sollecitazioni: sforzo normale, flessione retta, pressoflessione, taglio, torsione.
- Le strutture iperstatiche: viene trattata la risoluzione del problema strutturale nel caso di strutture iperstatiche mediante il principio dei lavori virtuali, il metodo delle forze, degli spostamenti ed il metodo dei telai piani.
- Stabilità dell'equilibrio elastico: viene mostrato il problema della stabilità dell'equilibrio elastico nel caso di alcuni semplici sistemi meccanici discreti, per passare successivamente al classico problema dell'asta compressa, giungendo all'iperbole di Eulero.
- Il metodo degli elementi finiti: utilizzando il principio dei lavori virtuali viene formulato il metodo degli elementi finiti finalizzato alla risoluzione del problema strutturale statico.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni trattano tutti gli argomenti che vengono man mano introdotti durante le lezioni.

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

A. Carpinteri, *Scienza delle costruzioni. Vol. 1 e 2*, Pitagora, Bologna, 1992.

Testo ausiliario:

S.P. Timoshenko, J.N. Goodier, *Theory of elasticity*, McGraw-Hill, Tokyo, 1970.

## ESAME

L'esame è suddiviso in una prova scritta ed in una prova orale.

Anno:periodo 3:2

Docente: Paolo Vallini

Il corso è successivo all'insegnamento di *Scienza delle costruzioni*, di cui si ritiene essenziale la conoscenza, e si propone di fornire gli elementi fondamentali per la progettazione ed il controllo di sicurezza delle strutture in cemento armato ed in acciaio, in accordo con la normativa europea, di prossima adozione anche in Italia.

#### PROGRAMMA

- Nella parte iniziale si prende in esame la schematizzazione strutturale per l'analisi con metodo delle forze, anche con ampie applicazioni a calcolatore presso il laboratorio informatico.
- Nella seconda parte si analizzano i criteri di dimensionamento e controllo di sezioni in acciaio e cemento armato (ordinario e precompresso).
- Nella terza parte si forniscono gli elementi per la scelta tipologica delle strutture, con esemplificazioni dettagliate per membrature in acciaio, in calcestruzzo armato e precompresso.

#### ESERCITAZIONI

Sono previsti ampi supporti di calcolo automatico per le elaborazioni numeriche.

#### BIBLIOGRAFIA

G. Ballio, F. Mazzolani, *Costruzioni in acciaio*, UTET, Torino.

A. Migliacci, F. Mola, *Progetto agli stati limite delle strutture in CA*, Masson, Milano.

C. Cestelli Guidi, *Cemento armato precompresso*, Hoepli, Milano.

R. Walther, M. Miembradt, *Progettare in calcestruzzo armato*, Hoepli, Torino.

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 80+25 (ore, durante il corso)

Docente: *da nominare*

### REQUISITI

Richiede la conoscenza degli argomenti trattati nel corso di *Chimica*.

### PROGRAMMA

- Cosa sono i materiali; definizioni. I materiali nello sviluppo della storia umana e nell'economia moderna. Materiali strutturali e funzionali. Differenti classi di materiali.

- Relazioni legame chimico - struttura - proprietà dei materiali. Legame covalente: effetti su coordinazione (e quindi densità), proprietà meccaniche, termiche, ottiche. Analogio esame per i legami ionico e metallico. Il legame residuo o di Van der Waals; solidi molecolari organici, materiali polimerici. Il legame idrogeno e le proprietà dell'acqua. Solidi con legame misto.

- I materiali ceramici: definizioni, classificazioni possibili. Ceramiche tradizionali: laterizi, terrecotte, terraglie, maioliche, grès, porcellane. Materie prime: argilla, acqua, smagranti, fondenti. Descrizione schematica del processo di produzione. Temperatura di cottura e porosità. Proprietà dei ceramici. Cenno a smalti, vernici, lacche.

Esame sommario dei silicati; classificazione strutturale. La silice. Gli alluminosilicati. Fillosilicati: le argille.

- Richiamo dei concetti fondamentali relativi alle proprietà meccaniche dei materiali. Deformazione elastica e plastica. Modulo elastico, limite di snervamento, carico di rottura. Tenacità, duttilità, fragilità, resilienza. Durezza.

- Refrattari: gruppi principali (acidi, basici, neutri), loro composizione chimica. Ceramiche avanzate: carburi, nitruuri, boruri, ossidi. Tipi principali e proprietà; campi di utilizzazione. Refrattari e abrasivi per utensili veloci. Cenno ai compositi tipo 'carburi cementati' (*hard metals*). Formatura dei ceramici avanzati. Rivestimenti refrattari.

- Materiali leganti o cementanti. Analogie e differenze con i ceramici. Leganti aerei ed idraulici. Definizioni su presa ed indurimento.

Leganti aerei: la calce (viva e spenta). Materie prime e schema del processo di produzione. Spegnimento della calce viva; presa ed indurimento. Grassello, latte di calce. Calci grasse e magre. Impieghi della calce.

Leganti aerei: il gesso. Selenite (pietra di gesso), emidrato, anidrite. Cottura della pietra di gesso e sua progressiva disidratazione. Tipi di forni. Gesso stracotto, gesso da pavimenti, gesso di Parigi. Presa ed indurimento del gesso.

Leganti idraulici: i cementi. Cemento Portland: materie prime, composizioni tipiche; moduli idraulico, silicico, dei fondenti. Processo di produzione: cottura delle miscele, temperature, tipi di forni; principali processi chimici nel forno; formazione del clinker, macinazione, addizione di gesso. Formazione del calcestruzzo; processi di presa ed indurimento, velocità diverse di presa per i principali componenti (C3S, C2S, C3A). Sviluppo di calore durante la presa, problemi per le grandi opere (dighe).

Cementi normali e ad alta resistenza. Cementi pozzolanici, d'altoforno, alluminosi, per sbarramenti di ritenuta, ferrici. Cemento bianco e colorato. Cosiddetto 'cemento Sorel'. Additivi per calcestruzzi; impregnanti. Calcestruzzi vibrati. Calcestruzzi leggeri. Fibrocemento. Pali in cemento centrifugato. Calcestruzzo armato. Calcestruzzo precompresso. Anomalie di presa. Evoluzione e danneggiamento del calcestruzzo.

Altri leganti idraulici: aggreganti cementizi (cosiddetti cementi a presa rapida); calci idrauliche.

- Struttura cristallina dei solidi. Reticoli 2D (piani esagonali come piani compatti). Reticoli 3D: cenno alla classificazione dei sistemi cristallini e dei reticoli di Bravais.

Cristallo ideale e stato difettivo dei cristalli reali. Vacanze, dislocazioni, bordi di grano, superficie di un corpo. Moto delle dislocazioni e plasticità. Dislocazioni, bordi di grano ed impurezze. Incrudimento.

- Trasformazioni allo stato solido. Stati di equilibrio stabile, metastabile, instabile; stati di non-equilibrio. Energia di attivazione e forza motrice in una trasformazione. Trasformazioni per nucleazione e crescita. Effetto della temperatura.

- Stato non-cristallino (amorfo), stato vetroso. Raffreddamento di un liquido: due vie possibili di consolidamento di un liquido sotto la temperatura di solidificazione (cristallo, vetro). Fattori che influenzano la scelta tra le due vie: la viscosità del liquido. I vari tipi di sostanze e la loro diversa tendenza a formare vetri per raffreddamento di un liquido. Caratteristiche dello stato vetroso: metastabilità (i vetri cristallizzano per riscaldamento); omogeneità (da cui la trasparenza dei vetri di ossidi).

- Vetri di ossidi.  $\text{SiO}_2$  come formatore di vetri; motivi della sua tendenza a formare lo stato vetroso. Fondenti e modificatori di vetri.

Materie di partenza per i vetri comuni. I cosiddetti 'cristalli' e 'cristalli di Boemia'. Pyrex, Jena. Vetri colorati. Processo di produzione; lavorazione dei vetri. Ricottura. Temperature e viscosità caratteristiche. Proprietà dei vetri. Vetri di sicurezza. Vetri per guide d'onda. Vetroceramici.

- Materiali metallici. Proprietà generali dei metalli. Classi tecnologiche di leghe. Produzione mondiale, prezzi.

Strutture cristallografiche dei metalli. Reticoli c.f.c., c.c.c., e.c.; effetti del tipo di reticolo sulle proprietà meccaniche.

Leghe: Fasi presenti nelle leghe: soluzioni solide; fattori influenzanti la solubilità tra metallo e metallo. Soluzioni ordinate e disordinate; composti intermetallici. Composti interstiziali (semimetallici).

- Cenni sui diagrammi di stato binari. Solubilità completa; lacune di miscibilità allo stato solido. Eutettici. Diagrammi di stato per sistemi con formazione di composti. Sistemi con trasformazioni allo stato solido; eutettoidi.

- Breve esame del diagramma Fe-C. Fasi presenti, punti caratteristici. Ghise e acciai; proprietà essenziali. Concetti elementari di trattamenti termici degli acciai; la tempra, la martensite. Tipi principali di leghe ferrose: acciai al carbonio (dolci, semiduri, duri); acciai legati (inossidabili, da utensili, rapidi). Cenno ai processi di produzione dei metalli: la riduzione degli ossidi, l'altoforno (ghisa e scoria), l'affinazione della ghisa, la colata continua dell'acciaio.

- Leghe non ferrose. Leghe di rame: bronzi ed ottoni; composizioni tipiche, proprietà. Leghe leggere: leghe di Al, Ti, Mg. Tipi principali di leghe a base Al: il processo di precipitazione delle fasi indurenti. Metalli e leghe per alte temperature.

Materiali metallici in edilizia.

- Materiali polimerici (materie plastiche). Resine termoplastiche (polimeri lineari) e termoindurenti (polimeri reticolati). Polimerizzazione per poliaddizione e per policondensazione. Copolimerizzazione. Additivi (cariche inerti, fibre, coloranti, lubrificanti, plastificanti, acceleratori di polimerizzazione). Formatura: stampaggio a caldo, estrusione, laminazione, spruzzatura. Resine espanse. Principali gruppi di polimeri. Elastomeri (gomme).

- Vernici e pitture. Proprietà filmogena e proprietà siccativa. Solvente (veicolo), filmogeno, diluente, plastificante. Vernici trasparenti e pigmentate. Vernici sintetiche. Pigmenti. Idropitture, pitture alla calce.

- Legno. Legname d'opera; composizione, acqua, essiccamento (stagionatura naturale ed artificiale). Trattamenti conservativi, impregnazione. Tipi di legno; densità e durezza del legno. Legno segato, tranciato, sfogliato, truciolato. Legno compensato; compensati di legno pregiato (impiallicciati). Paniforti. Pannelli di fibre di legno; pannelli di lana di legno.

- Prodotti bituminosi. Bitumi (naturali, artificiali); asfalti; peci di catrame. Natura colloidale del bitume. Bitumi ossidati (soffiati), bitumi flussati. Roccia asfaltica, asfalti artificiali. Cartonfeltri; emulsioni bituminose o di asfalto.

- Combustibili; il comburente (ossigeno). Potere calorifico (inferiore e superiore). Calcolo dell'aria di combustione; prodotti di combustione (fumi). Temperatura teorica di combustione (temperatura di fiamma). Preriscaldamento; eventuali reazioni di dissociazione di CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. Perdita al camino. Temperature di ignizione e limiti di infiammabilità. Potenziale termico di un carburante.

- Acque. Acque meteoriche, superficiali, sotterranee. Principali impurezze in soluzione ed in sospensione. Residuo fisso. Durezza delle acque: temporanea, permanente, totale. Trattamenti di sedimentazione, filtrazione, degasaggio, demineralizzazione, distillazione, congelamento. Dolcificazione (eliminazione della durezza).

Acque potabili e di scarico. Inquinamento batteriologico; BOD, COD; sterilizzazione.

- Compositi (cenni). Compositi a matrice ceramica, metallica, polimerica, vetrosa. Rinforzanti: a particelle, a fibre, a *whisker*.

## BIBLIOGRAFIA

M.Lucco Borlera, C.Brisi: *Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata*; Levrotto e Bella, Torino, 1992.

A.Negro: *Tecnologia dei Materiali da Costruzione*; Libreria Cortina, Torino, 1986.

M.A.Rosa: *Tecnologie dei Materiali da Costruzione*; Libreria Cortina, Torino, 1992.

## ESAME

L'esame è orale, fondato su 3-4 domande sugli argomenti in programma. Su scelta dello studente, una delle domande può essere fatta su un argomento concordato sul quale lo studente presenti una breve relazione scritta.

**S 602 0****Topografia**

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4(0)+(0)4 (ore settimanali)

Docente: Ambrogio Maria Manzino

Il corso, essenzialmente propedeutico, si propone di fornire una preparazione di base per l'esecuzione delle moderne tecniche di rilievo topografico e fotogrammetrico ed il trattamento statistico delle misure. Particolare attenzione viene rivolta alle moderne strumentazioni topografiche ed alle tecniche di posizionamento rivolte alla progettazione, come ad esempio la costruzione di carte tecniche od il tracciamento di grandi infrastrutture. Il corso si svolge con lezioni teoriche, esercitazioni di calcolo, laboratorio ed attività di campagna per l'uso pratico delle strumentazioni.

**REQUISITI**

Si richiede allo studente il possesso delle nozioni fornite dai corsi di *Analisi matematica*, *Geometria* e *Fisica I*.

**PROGRAMMA***Introduzione al corso.* [1 ora]*Elementi di geodesia.* [8 ore]

– Il problema del posizionamento, le superfici di riferimento, il geode, lo sferoide, l'ellissoide, il campo di gravità, il campo gravimetrico ed il campo anomalo, l'ondulazione del geode. Dimensioni dello sferoide, sistemi di coordinate.

*Le misure nel campo geodetico.* [4 ore]

– Le sezioni normali, i raggi di curvatura. I teoremi della geodesia operativa.

*Cartografia.* [8 ore]

– La rappresentazione, le proiezioni su superfici sviluppabili, le equazioni differenziali delle carte, i moduli di deformazione, la carta di Gauss.

*Elementi di statistica.* [9 ore]

– Misure dirette, indirette e condizionate, media e varianza, trasformazioni di v.c., le v.c. più comuni. Il teorema della media, il teorema della propagazione della varianza, la correlazione lineare.

*Trattamento delle osservazioni.* [8 ore]

– Il principio dei minimi quadrati applicato alle reti. Il progetto delle reti. Le equazioni di osservazione, il calcolo e la progettazione automatica delle reti.

*Operazioni di rilievo topografico.* [12 ore]

– Le livellazioni, la misura elettronica delle distanze, la misura moderna delle direzioni angolari. Le operazioni di rilievo di reti topografiche per la cartografia e per il controllo delle deformazioni di strutture.

*Tecniche di rilievo GPS.* [4 ore]

– La misura GPS. La costellazione, il segnale, il trattamento dei dati, il sistema di riferimento, la precisione delle misure.

*Elementi di fotogrammetria.* [6 ore]

- Concetti generali, l'orientamento interno ed esterno. Il progetto di un rilievo fotogrammetrico. Il restitutore analitico, cenni di fotogrammetria digitale. I capitolati fotogrammetrici. Applicazioni e limiti della tecnica.

#### ESERCITAZIONI

1. *Geodesia*: geometria dell'ellissoide, cambio di sistemi di riferimento, poligonalità. [6 ore]
2. *Statistica*: calcolo dei momenti di una variabile doppia e dell'indice di correlazione lineare. [5 ore]
3. *Precisione delle misure*: applicazione del teorema della media e della propagazione della varianza ad esempi specifici. [4 ore]
4. *Trattamento delle osservazioni*: minimi quadrati: reti di livellazioni; reti planimetriche e reti piano altimetriche; utilizzo di un programma di compensazione (CALGE). [8 ore]
5. *Il rilievo topografico*. [4 ore]
6. *Gli strumenti e le operazioni di rilievo*:
  - le livellazioni geometriche, il livello, i livelli elettronici: la lettura digitale della stadia. [6 ore]
  - Il teodolite tradizionale ed il teodolite elettronico. [10 ore]
  - I distanziometri ad onde EODM. [8 ore]

#### LABORATORIO

1. *Cartografia*: Calcolo delle coordinate cartografiche date le geografiche e viceversa; calcolo dei moduli di deformazione, della convergenza delle trasformate, degli angoli alle corde. [4 ore]
2. *Fotogrammetria*: Il restitutore analitico e la restituzione digitale. [4 ore]

#### BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Dispense stampate a cura del docente.

C. Monti, F. Sansò, *Esercizi di topografia, cartografia e geodesia*, CLUP, Milano.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

G. Bezoari, C. Monti, A. Selvini, *Topografia e cartografia*. CLUP, Milano, 1978

G. Bezoari, A. Selvini, *Strumenti topografici*, Liguori, 1995

G. Inghilleri, *Topografia generale*, UTET, 1974 (disponibile solo in Biblioteca)

#### ESAME

L'esame consiste in un colloquio relativo al corso di lezioni ed esercitazioni, della durata di circa 20 minuti, durante il quale si saggia la preparazione dello studente anche con piccoli esercizi od esempi concreti.

# Programmi degli insegnamenti d'orientamento

**S 031 0**

## **Architettura e composizione architettonica**

Anno:periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Giovanni Picco (collab.: Giorgio Garzino)

Il corso è finalizzato alla formazione ed addestramento alla progettazione architettonica ed infrastrutturale, connessa agli insediamenti.

### REQUISITI

Le discipline propedeutiche di *Architettura tecnica* e di *Caratteri distributivi e costruttivi degli edifici* trovano nel corso la loro logica integrazione, per conseguire capacità, critica e compositiva, nell'esercizio professionale della progettazione.

### PROGRAMMA

- Teorie ed applicazioni della progettazione architettonica, dai paradigmi del Movimento Moderno alle realizzazioni dei maestri più significativi del razionalismo, espressionismo, dell'esperienza organica a quella post-funzionalista.
- Relazioni con le preesistenze, la struttura nel rapporto forma – funzione, i significati espressi dai linguaggi morfologici e dai materiali formeranno oggetto di verifiche critiche e metodologiche per comprendere ed interpretare, nelle nuove esperienze progettuali, processi evolutivi dell'architettura moderna alle soglie del 2000.
- Particolare attenzione sarà riservata ai temi dell'edificio residenziale, del polifunzionale connesso ai tessuti storici esistenti, dell'attrezzatura pubblica (stazioni, *terminals*, intermodali, ecc.) con componenti strutturali, infrastrutturali e tecnologiche ove è richiesta la competenza professionale dell'ingegnere.

### ESERCITAZIONI

Tre temi progettuali affronteranno tematiche d'attualità del progetto architettonico:

1. nuove tipologie insediative nel processo d'espansione urbana; polifunzionalità e continuità dell'effetto urbano;
2. struttura intermodale o d'attestamento alla mobilità;
3. edificio socio-assistenziale.

I temi sviluppati in aula sono oggetto di confronto dialettico anche tra allievi; quelli sviluppati durante o dopo il corso possono essere propedeutici alla tesi od a precisi interessi pre- o para-professionali e comunque oggetto di valutazione per il giudizio d'esame, accompagnati da brevi tesi scritte sugli argomenti trattati nelle lezioni.

#### BIBLIOGRAFIA

Per gli argomenti trattati nelle lezioni saranno fornite indicazioni bibliografiche od i relativi testi.

Testo ausiliario:

C. Blasi e G. Padovano, *Teorie di pianificazione e progettazione*, ETAS Libri.

S 055 0

## Caratteri distributivi e costruttivi degli edifici

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4+1 (ore settimanali)

Docente: Fabrizio Aструa

Il corso è diretto a fornire gli elementi fondamentali della progettazione architettonico-distributiva (organizzazione e dimensionamento funzionale) delle principali tipologie edilizie (residenziale, commerciale e polifunzionale, per i trasporti, sanitaria ed ospedaliera, ecc.) in rapporto alle tecnologie costruttive adottabili (costruzioni in muratura tradizionale ed armata, in conglomerato cementizio armato, in acciaio, in legno) ed in relazione alle necessità di integrazione impiantistica.

### REQUISITI

Prerequisite i corsi di Disegno, Architettura tecnica, Ergotecnica edile.

### PROGRAMMA

- *Introduzione, requisiti spaziali ed ambientali, spazi interni e spazi esterni.* Percorsi orizzontali e verticali per la distribuzione, accessibilità, visitabilità ed adattabilità. Schemi funzionali e distributivi. Analisi antropometriche (S. Goldschmit, J. Panero, M. Zelnik) per il dimensionamento dei vani e dei percorsi con l'impiego delle pedane di scorrimento e di sosta. Implicazioni progettuali legate a fattori bioclimatici ed all'orientamento per il risparmio energetico ed una corretta ubicazione planimetrica.
- *Edilizia residenziale pubblica e privata.* criteri di progetto (distribuzione principale, aggregazione lineare, a ballatoio, a torre), dimensionamento degli alloggi e dei vani. Esempi di distribuzione degli alloggi, manica e fronte degli edifici, struttura statica. (arch. P. Portoghesi, G. Valle). Soluzioni distributive per il superamento delle barriere architettoniche negli edifici residenziali: *pilotis* al piano terreno. Edilizia residenziale unifamiliare, esempi di soluzioni attuali (arch. M. Botta), inserimento nell'ambiente. Autorimesse (dimensionamenti e cenni normativi). Prevenzione incendi. Autorimesse pluripiano fuori terra ed interrata.
- *Edilizia per il commercio* (nuovi sistemi di distribuzione e vendita), negozi, supermercati, grandi magazzini, centri commerciali (raggi e bacini di influenza). Dimensionamenti degli spazi espositivi (scaffali, carrelli, casse), degli spazi per il magazzino, degli spazi di manovra e di parcheggio clienti. Schema distributivo di un supermercato alimentare, schemi per esporre ed illuminare la merce. I centri commerciali (negozi + ipermercati), le gallerie (esempio di Cinecittà 2 a Roma), soluzioni tecniche per le coperture. Centri polifunzionali commerciali e amministrativi. Edilizia per la ristorazione, dimensionamento unità elementari (ristoranti, *self-service*, *fast food*, bar).
- *Nodi della comunicazione* (stazioni ferroviarie, stazioni metropolitane, aeroporti, *terminals*) come elementi fulcro della mobilità nelle aree urbane, elementi distributivi e strutturali, il problema della intermodalità. Cenni storici sui caratteri costruttivi e distributivi delle stazioni ferroviarie ottocentesche (Torino Porta Nuova, Genova Brignole) con particolare riferimento alle grandi coperture metalliche. Esempi di grandi

strutture recenti (*city terminalen* a Stoccolma, arch. R. Erskin, la stazione ferroviaria del TGV a Satolas, Lione, arch. S. Calatrava).

- *La progettazione degli spazi ospedalieri* semplici, dimensionamento dei reparti di degenza e rapporti con le nuove tecnologie. Brevi cenni sulle tipologie di aggregazione dei reparti in relazione agli altri spazi (sale operatorie, spazi di servizio, spazi amministrativi). Le case di riposo per anziani, le residenze sanitarie assistenziali, le residenze flessibili, i centri diurni, cenni normativi e dimensionamenti distributivi.
- *Edilizia scolastica e biblioteche*. Principi pedagogici, scelte edilizie, unità funzionali. Tipi di scuole in Italia. Le scelte delle aree. L'orientamento solare per le aree di studio e di lettura. Dimensionamenti di massima per le scuole materne, elementari, medie e superiori. Esempi di biblioteche (arch. B. Zevi, R. Erskin, A. Aalto).
- *Edilizia produttiva: gli edifici industriali attuali*. *Lay-out* del processo produttivo (per processo, per prodotto, per prodotto finito, in serie, in parallelo). Esempi di scelte distributive, unità magazzino, edifici condizionati aria – luce. Nuovi concetti di flessibilità in pianta per ampliamenti e per modifiche distributive e di produzione. Il problema del rumore (cenni normativi) e della organizzazione delle aree di lavoro confortevoli. L'esperienza di A. Olivetti ad Ivrea, e di J. Henriksson a Stoccolma per la Volvo. Dimensionamenti distributivi e strutturali di massima con i sistemi prefabbricati.
- *Recupero edilizio*: definizioni e classificazione (L. 457/78 e LR 56 art. 13), terminologia e tipi di intervento. Metodi di indagine, rilievi sull'esistente. Criteri di scelte: vocazioni d'uso, verifiche di congruenza statica, funzionale, impiantistica. Tecniche di intervento sulle strutture (volte, solai in laterizi e travetti in c.a., in putrelle in ferro, murature in mattoni pieni, ecc.), sulla distribuzione, sugli impianti. Esempi di recupero edilizio.

## ESERCITAZIONI

Sono previste due esercitazioni progettuali lunghe (edificio residenziale pluripiano, a più scale, edificio industriale), due *ex-tempore* brevi ed esercizi di disegno al CAD.

## BIBLIOGRAFIA

- F. Astrua, *Progettazione e barriere architettoniche: condizionamenti e spunti funzionali, distributivi e costruttivi per il progetto degli edifici e degli spazi urbani*, BE-MA, Milano, 1993.
- P. Carbonara, *Architettura pratica*, UTET, Torino, 1954.
- E. Neufert, *Enciclopedia pratica per progettare e costruire*, Hoepli, Milano, 1929.

Anno: periodo 4:2

Docente: Crescentino Bosco

Il corso si propone di dare una preparazione specifica nella progettazione delle strutture in calcestruzzo armato e precompresso. I procedimenti di calcolo sono basati sul metodo semiprobabilistico agli stati limite quale contemplato nell'*Eurocodice 2*, nel *Model code CEB* e nella vigente normativa italiana. Le esercitazioni sono rivolte all'applicazione della teoria e alla redazione di progetti strutturali.

### REQUISITI

*Scienza delle costruzioni e Tecnica delle costruzioni 1*; auspicabile: *Scienza delle costruzioni 2*.

### PROGRAMMA

- Proprietà dei materiali (calcestruzzo, acciaio per *c.a.* e *c.a.p.*, con riferimento alle norme CEN).
- Azioni (normativa italiana ed Eurocodice 10).
- Richiami di sicurezza; metodo agli stati limite.
- Determinazione degli effetti della precompressione.
- Calcolo delle sollecitazioni (calcolo non lineare, calcolo elastico lineare con redistribuzione, calcolo plastico).
- Verifiche agli stati limite ultimi (sforzo normale, flessione, taglio, torsione, punzonamento).
- Verifiche agli stati limite di esercizio (fessurazione, deformazione, tensioni in esercizio).
- Effetti del secondo ordine (colonne singole e telai).
- Durabilità delle strutture.
- Disposizioni costruttive.
- Solai misti, precompressione parziale, esempi progettuali.

### BIBLIOGRAFIA

F. Leonhardt, *C.a. e c.a.p. : calcolo di progetto e tecniche costruttive*, Ed. di Scienza e tecnica.

A. Migliacci *Progetti di strutture*, Masson.

A. Migliacci F. Mola, *Progetto agli stati limite delle strutture in c.a.*, Masson.

C. Cestelli Guidi, *Cemento armato precompresso*, Hoepli.

Anno: periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+3+1 (ore settimanali)

Docente: Luigi Morra (collab. Angelo Ciribini)

Il corso è finalizzato a fornire le metodologie e le conoscenze di base per la razionalizzazione delle fasi operative nel settore delle costruzioni. Vengono evidenziati tutti gli aspetti decisionali, esecutivi e gestionali di potenziale competenza dell'ingegnere, collocandoli entro un completo sistema-processo. Della produzione edilizia (intesa in senso ampio) viene esaminata la qualità ed il suo controllo mediante l'intervento determinate delle norme tecniche.

## REQUISITI

*Architettura tecnica*

## PROGRAMMA

- Metodi e strumenti per la progettazione nel sistema-processo: modelli di comportamento e di funzionamento per gli elementi; scelte funzionali-spaziali, tecnologiche ed operative per l'organismo; integrazione dei componenti nel sistema. [5 ore]
- Razionalizzazione degli aspetti dimensionali della progettazione: coordinazione dimensionale e modulare; tolleranze geometrico-dimensionali degli elementi. [10 ore]
- La progettazione e la programmazione operativa: impianto dei cantieri, piani operativi, ottimizzazione delle risorse, tecniche di programmazione. [9 ore]
- La produzione: materiali, semilavorati ed elementi semplici; elementi tecnici, sottosistemi e sistemi; costruzione nel cantiere infrastrutturale, della nuova edificazione e del recupero edilizio. [3 ore]
- La progettazione e la programmazione economica: preventivazioni, scelte di macchinari e attrezzature, piani economico-finanziari dell'intervento. [2 ore]
- La qualità: specificazione e controllo; le norme tecniche, in particolare per la verifica delle prestazioni (disponibilità nazionale, sovranazionale, internazionale ed estera). [11 ore]
- La sicurezza degli operatori nelle fasi esecutive: regolamentazioni, piani di sicurezza. [5 ore]
- La gestione: uso dell'opera, esercizio degli impianti, manutenzioni, ristrutturazioni, demolizioni con riciclo di parti o materiali; durabilità, affidabilità e manutenibilità; piani di gestione, strategie manutentive. [11 ore]

## ESERCITAZIONI

1. Sviluppo progettuale di un organismo non residenziale semplice. [11 ore]
2. Sviluppo progettuale di elemento tecnico isolato. [6 ore]
3. Applicazioni grafiche e calcoli su temi trattati nelle lezioni. [16 ore]
4. Studio di lavorazioni. [5 ore]
5. Sopralluoghi esterni. [4 ore]

## LABORATORIO

1. Utilizzo di procedure informatizzate. [12 ore]
2. Controlli prestazionali diretti. [2 ore]

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

P.N. Maggi. *Il processo edilizio. Vol. 2., Metodi e strumenti di ergotecnica edile*, Città Studi, Milano 1994.

Testi ausiliari:

L. Morra. *Controlli metrici in edilizia*, Città Studi, Milano, 1991

*Manuale di progettazione edilizia*, Hoepli, Milano, 1994

## ESAME

Esame orale sui contenuti delle lezioni, previa verifica del lavoro di esercitazione.

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4(0)+0(4) (ore settimanali)

Docente: Ambrogio Maria Manzino

Il corso fornisce il necessario approfondimento nelle moderne tecniche della fotogrammetria analitica e digitale, integrando i cenni svolti nel corso fondamentale di *Topografia*. Affronta i temi dell'impostazione analitica della disciplina, della moderna strumentazione, delle applicazioni ingegneristiche, quali la cartografia per il rilievo di vaste aree territoriali o le applicazioni architettoniche, quali il rilievo di edifici, manufatti od altre opere antropiche.

#### REQUISITI

Si richiede allo studente il possesso delle nozioni fornite dai corsi di *Analisi matematica e Geometria*.

#### PROGRAMMA

*Introduzione al corso.* [1 ora]

*Principi della fotogrammetria.* [8 ore]

– Geometria della presa, geometria della restituzione, le riprese aeree e terrestri.

*La presa, la misura delle coordinate lastra, l'orientamento interno.* [8 ore]

– Il materiale fotografico, il progetto del volo, la camera da presa aerea e terrestre, i parametri di orientamento interno, il calcolo delle aberrazioni.

*L'orientamento esterno.* [8 ore]

– L'orientamento a stelle proiettive. L'orientamento relativo, l'orientamento assoluto.

*Il restitutore analitico.* [8 ore]

– Principi di funzionamento, tecniche Helava e tecniche Inghilleri, il ciclo di *real time*.

*Fotogrammetria digitale e ortofotocarta.* [8 ore]

– Principi di acquisizione digitale, raddrizzamento digitale ed ortofotocarta, il restitutore digitale.

*La triangolazione aerea.* [6 ore]

– La triangolazione aerea a stelle proiettive ed a modelli indipendenti. Precisione del metodo. La triangolazione assistita dal rilievo GPS.

*I capitoli fotogrammetrici.* [4 ore]

– Requisiti del capitolato, norme e precisioni richieste, il collaudo.

*La fotogrammetria degli edifici e dei monumenti.* [5 ore]

– La presa di oggetti vicini, l'uso di camere semi-metriche, le precisioni richieste e quelle ottenibili, gli sviluppi semi-metrici della fotogrammetria digitale.

#### ESERCITAZIONI

1. *Progetto di un rilievo fotogrammetrico:* la scala della carta, la zona del volo, i ricoprimenti, la scala dei fotogrammi, l'appoggio a terra tradizionale e l'appoggio GPS. [6 ore]

2. *Orientamento interno*: certificato di taratura di una camera, la distorsione, un programma di autocalibrazione. [6 ore]
3. *Orientamento esterno*: programma di orientamento relativo, programma di orientamento assoluto. [8 ore]
4. *La triangolazione aerea*: l'utilizzo di un programma di triangolazione aerea, critica dei risultati. [6 ore]
5. *Il rilievo esterno di un edificio*: il progetto della presa, il progetto dell'appoggio. [8 ore]
6. *L'appoggio*: l'esecuzione dell'appoggio, il calcolo e la compensazione. [8 ore]

#### LABORATORIO

1. *La restituzione analitica*: il restitutore analitico Stereobit 20; orientamento interno ed esterno; la restituzione per punti, linee e curve di livello. [8 ore]
2. *Il raddrizzamento*: il raddrizzamento digitale, il programma ARCHIS. [6 ore]

#### BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Karl Kraus. *Fotogrammetria. Vol. 1, Teoria e applicazioni*. Levrotto & Bella, Torino, 1994.

Testi ausiliari:

Attilio Selvini. *Principi di fotogrammetria*, CLUP, Milano, 1984.

Giuseppe Inghilleri, *Topografia generale*, UTET, 1974 (disponibile solo in Biblioteca).

#### ESAME

L'esame consiste in un colloquio relativo al corso di lezioni ed esercitazioni della durata di circa 20 minuti durante il quale si saggia la preparazione dello studente richiedendo anche lo svolgimento di piccoli esercizi o la soluzione di problemi concreti.

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)

Docente: Enzo Buffa

Il corso si propone di fornire le conoscenze necessarie per effettuare la misura e la stima delle grandezze idrologiche che sono alla base della progettazione delle opere idrauliche e della gestione delle risorse idriche.

#### REQUISITI

*Analisi 1 e 2, Fisica 1, Idraulica.*

#### PROGRAMMA

*Nozioni introduttive.* [2 ore]

– Il ciclo dell'acqua. Cenni sullo sviluppo storico dell'idrologia. Le grandezze idrologiche.

*Calcolo delle probabilità e statistica applicata all'idrologia.* [20 ore]

– Analisi di una serie di dati idrologici. Elementi fondamentali del calcolo delle probabilità. Distribuzioni probabilistiche per variabili casuali discrete (distribuzione binomiale, legge di Poisson) e per variabili continue (distribuzione normale, log-normale, di Gumbel, di Fisher, del *chi*, etc.). Stima dei parametri di una distribuzione. *Tests* statistici. Problemi di correlazione e regressione.

*Caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici.* [2 ore]

– Parametri di forma. Struttura idrogeologica. Reticolo fluviale.

*Afflussi meteorici.* [6 ore]

– Misura delle precipitazioni liquide e solide. Stima degli afflussi. Curva di possibilità pluviometrica. Distribuzione spaziale delle precipitazioni.

*Deflussi fluviali.* [4 ore]

– Deflussi superficiali e profondi. Deflussi di magra, di piena e di morbida. Misura delle portate.

*Perdite idrologiche di un bacino.* [4 ore]

– Evaporazione. Traspirazione. Accumulo. Infiltrazione.

*La trasformazione afflussi – deflussi.* [4 ore]

– Equazione del bilancio idrologico. La pioggia netta. Il coefficiente di afflusso. Modelli idrologici concettuali e sintetici.

*Le piene fluviali.* [12 ore]

– Formazione delle piene. Determinazione dell'idrogramma di piena mediante il metodo della corrivazione, dell'invaso lineare, dell'IUH. Stima delle portate al colmo di piena (analisi statistica, modello afflussi – deflussi semplificato, formule empiriche).

*Propagazione delle piene.* [8 ore]

– Equazioni di Saint Venant e cenni alla loro integrazione per via numerica. Il modello parabolico e cinematico. Modelli di tipo idrologico (metodo Muskingum). Previsione e controllo delle piene.

*Utilizzazione delle risorse idriche superficiali.* [8 ore]

- Impianto a serbatoio: regolazione parziale e totale per diverse funzioni obiettivo. Impianto a deflusso: curva di durata di un corso d'acqua, coefficienti di utilizzazione del corso d'acqua e dell'impianto.

#### ESERCITAZIONI

1. Elaborazione statistica di una serie storica di dati idrologici. [3 ore]
2. Determinazione della legge di probabilità che meglio interpreta una serie di dati idrologici. [3 ore]
3. Calcolo degli afflussi meteorici in un bacino mediante l'impiego del metodo delle linee isoiete e dei topoieti. [4 ore]
4. Determinazione della legge di possibilità pluviometrica in una prefissata località. [3 ore]
5. Ricostruzione dell'idrogramma di piena in una assegnata sezione di un bacino idrografico mediante l'uso del metodo della corrivazione. [4 ore]
6. Laminazione dell'onda di piena che passa attraverso un vaso artificiale. [3 ore]
7. Regolazione totale dei deflussi in una assegnata sezione di un bacino idrografico e calcolo della capacità da assegnare all'vaso per ottenere prefissate leggi di erogazione. [4 ore]
8. Regolazione parziale dei deflussi in una assegnata sezione di un bacino idrografico e calcolo della funzione obiettivo mediante la regola del Conti. [3 ore]
9. Analisi dei deflussi medi giornalieri di un corso d'acqua e tracciamento della curva di durata e delle curve relative ai coefficienti di utilizzazione dei deflussi naturali e dell'impianto. [3 ore]

#### BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Maione, Moisello, *Appunti di idrologia. Vol. 1.*

Maione, *Appunti di idrologia. Vol. 3.*

Testi ausiliari:

Remenieras, *L'hydrologie de l'ingénieur.*

Tonini, *Elementi di idrografia ed idrologia.*

#### ESAME

Prova orale con discussione degli elaborati svolti a esercitazione.

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+6 (ore settimanali)  
56+84 (nell'intero periodo)

Docente: Gianfranco Boffa (collab.: Ezio Santagata)

Il corso è rivolto agli studenti che propendono per un indirizzo applicativo. È finalizzato alla preparazione di base necessaria per svolgere la direzione tecnica o la direzione dei lavori del cantiere, con particolare attenzione alla realizzazione di lavori pubblici infrastrutturali. Le tematiche del corso riguardano argomenti specialistici quali la organizzazione razionale del lavoro, la progettazione realizzazione e controllo dei materiali da costruzione, gli aspetti normativi, tecnico-legali e contabili connessi al cantiere.

#### PROGRAMMA

- *Premesse tecnico-giuridiche*: le figure tecniche e giuridiche nel contratto di appalto di opere private e di opere pubbliche.
- *Materiali*: i materiali elementari per il confezionamento dei conglomerati cementizi e bituminosi.
- *Conglomerati cementizi*: normativa, progettazione delle ricette con metodi di ottimizzazione, controlli, prove di carico, collaudo statico, calcestruzzi preconfezionati, impianti di produzione.
- *Conglomerati bituminosi*: normativa, progettazione delle ricette con tecniche di ottimizzazione, controlli, impianti di produzione.
- *Macchine da cantiere*: criteri di scelta di un parco macchine e del sistema operativo ottimale per un generico cantiere; principi fondamentali del movimento terra; macchine movimento terra; costi di unità di elemento prodotto e produttività, costi orari, produzioni orarie.
- *Organizzazione del lavoro*: tecniche di programmazione lineare e reticolare, ottimizzazioni, aggiornamenti, strumenti e programmi di elaborazione.
- *Pratica amministrativa e contabile*: leggi, normative e regolamenti per la condotta e contabilizzazione delle opere pubbliche.
- *Prevenzione*: rischi, prevenzione infortuni, piani di sicurezza.

#### ESERCITAZIONI

1. *Conglomerati cementizi*: mix design per dosaggi e resistenze predefinite; metodo di calcolo del semplice.
2. *Programmazione lavori*: definizione del cronoprogramma, risorse e relativi carichi; preventivazione di un lavoro stradale.
3. *Macchine movimento terra*: definizione parco ottimale, costi e produzione del sistema.

#### BIBLIOGRAFIA

Appunti del corso, dispense, leggi.

- G.B. Ormea, *Organizzazione dei cantieri*, UTET.
- A. Valentinetti, *La pratica amministrativa e contabile nella condotta delle opere pubbliche*, Vannini.
- G. Reggiani, *L'esecuzione di opere pubbliche*, Pirola.
- M.R. Acciardi, *Il progettista e il direttore dei lavori*, NIS.
- M. Lacava, *Progettare il cantiere*, NIS.
- C. Bonaccorsi, *Capitolati e computi metrici estimativi*, NIS.
- C. Solustri, *La contabilità dei lavori in appalto*, NIS.
- L.A. Gargiulo, *La sicurezza nel cantiere*, NIS.

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Lorenzo Allavena

Il corso mira a dare agli allievi le nozioni scientifiche e tecniche necessarie per la progettazione, in una corretta visione ambientale, degli impianti di irrigazione e drenaggio dei terreni agrari. Nella prima parte del corso viene sviluppata l'idrologia del terreno; nella seconda e terza vengono illustrati ed applicati a casi concreti i criteri di progettazione rispettivamente degli impianti di irrigazione e di drenaggio. La trattazione dell'influenza esercitata sull'ambiente dalle pratiche irrigue e del drenaggio conclude il corso.

#### REQUISITI.

*Idraulica.*

#### PROGRAMMA

*Introduzione al corso.* [2 ore]

- Ruolo dell'irrigazione e del drenaggio nei sistemi agricoli; situazione attuale e tendenze evolutive dell'irrigazione e del drenaggio nell'agricoltura mondiale e nazionale.

*Idrologia del terreno agrario.* [18 ore]

- Fase terrestre del ciclo dell'acqua e processi idrologici oggetto di studio dell'idrologia del terreno agrario.
- *Relazioni acqua - terreno:* il terreno agrario: composizione granulometrica, tessitura, terreno saturo; dinamica della fase liquida nel terreno insaturo; processi di infiltrazione mono- bi- tridimensionale; infiltrazione della pioggia.
- *Dinamica della fase liquida nel sistema terreno - pianta - bassa atmosfera:* caratteristiche del sistema; evapotraspirazione delle colture; bilancio idrico dello strato radicale ed applicazione alla stima dei fabbisogni idrici.
- *Simulazione tramite modelli matematici di processi idrologici nell'ambito del sistema terreno - pianta - bassa atmosfera:* tipi e caratteristiche dei modelli di simulazione di un sistema in idrologia agraria; modello di simulazione del processo di infiltrazione della pioggia in un terreno coltivato; modello per la stima della evapotraspirazione giornaliera di una coltura basato sul bilancio di radiazione solare; modello di simulazione del bilancio idrico giornaliero della zona radicale nei terreni irrigati.

*Irrigazione.* [25 ore]

Definizione, scopi, tipi di irrigazione; qualità delle acque destinate ad uso irriguo; impianti di irrigazione con reti irrigue a pelo libero, in pressione e miste; efficienze irrigue; metodi di programmazione dell'irrigazione e criteri di scelta; metodi di adattamento e dimensionamento della parcella o dell'unità irrigua; criteri generali di progettazione di un impianto di irrigazione; apparecchiature per la misura e la regolazione delle portate e per l'automazione dell'esercizio.

*Drenaggio.* [8 ore]

Definizione e obiettivi del drenaggio; impianti di drenaggio con reti drenanti in superficie, sotterranee e miste; criteri di dimensionamento degli impianti di drenaggio caratteristiche costruttive e di esercizio degli impianti di drenaggio.

*La pratica irrigua e la pratica del drenaggio in rapporto all'ambiente.* [3 ore]

## ESERCITAZIONI

Nell'ambito delle esercitazioni in aula viene svolto un dettagliato esempio di progettazione di un impianto di irrigazione con reti di distribuzione e metodi di adattamento in pressione, applicando al caso specifico quanto viene via via illustrato durante le lezioni; in modo analogo viene studiato l'impianto con rete di distribuzione a pelo libero a servizio di un comizio irriguo a partire dall'edificio di regolazione e misura e con associata redazione di calendario irriguo; si termina con la progettazione di un impianto di drenaggio con rete drenante sotterranea.

## LABORATORIO

Le esercitazioni di laboratorio ed eventualmente di campo riguarderanno l'utilizzazione di apparecchiature per la determinazione:

1. di grandezze relative alla dinamica dell'acqua nel terreno (permeometri, tensiometri, infiltrometri);
2. di parametri climatici per la stima della evapotraspirazione (stazione di meteorologia agraria);
3. della portata nelle reti irrigue a pelo libero o in pressione e per la regolazione della medesima.

Durante il corso, in funzione delle disponibilità finanziarie, saranno altresì organizzate visite a consorzi irrigui dell'area padana.

## BIBLIOGRAFIA

In mancanza di un testo aggiornato che tratti tutte le tematiche del corso, si intende fornire agli allievi, quale supporto principale per la preparazione dell'esame, copia del materiale didattico (trasparenti) presentati nelle lezioni, eventualmente integrati da testi in fascicolo.

La bibliografia di riferimento per gli approfondimenti futuri sarà via via indicata durante il Corso.

## ESAME

Esame orale con discussione di elaborati relativi alle esercitazioni svolte.

**S 288 0****Infrastrutture idrauliche**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Paolo Mosca (collab.: Renato Iannelli)

Il corso si propone di fornire le conoscenze necessarie per il dimensionamento delle opere idrauliche costituenti interventi parziali o globali sul territorio, gli elementi per definire le opere e gli interventi di mitigazione ambientale, i parametri economici ed i problemi della sicurezza.

Tratta l'idrologia generale e le costruzioni idrauliche i sistemi di drenaggio urbano, i sistemi di approvvigionamento idrico, e gli impianti idroelettrici.

**REQUISITI**

*Idraulica, Idrologia tecnica, Scienza delle costruzioni.*

**PROGRAMMA**

*Infrastrutture idrauliche per:* [16 ore]

- derivazioni di acque superficiali (traverse e opere di presa),
- accumulo e derivazione di acque superficiali (serbatoi e dighe),
- captazione e derivazione azione di acque sotterranee,
- adduzione di acque superficiali e sotterranee (canali, gallerie, condotte).

*Sistemi di approvvigionamento idrico.* [18 ore]

- Analisi della domanda e delle risorse,
- fonti di approvvigionamento superficiali e sotterranee (serbatoi, acque fluenti, sorgenti, pozzi),
- opere di derivazione, regolazione e adduzione,
- reti di distribuzione,
- stazioni di pompaggio,
- impianti di potabilizzazione (cenni).

*Sistemi di drenaggio urbano.* [12 ore]

- Sistemi di drenaggio reti miste o separative,
- valutazione delle portate critiche di pioggia e reflue,
- reti di smaltimento delle acque di pioggia e reflue,
- problemi di verifica e di progetto delle reti pluviali e reflue,
- Sistemi di trattamento degli effluenti urbani e rilascio nei corpi idrici superficiali (cenni).

*Impianti idroelettrici.* [6 ore]

- Concetto di utilizzazione idroelettrica dei corsi d'acqua.
- Tipologie degli impianti e dei singoli componenti.
- Nuove strategie energetiche.

**ESERCITAZIONI**

1. Richiami di idrologia generale finalizzati alle infrastrutture idrauliche. [8 ore]
2. Valutazione delle risorse idriche di un bacino a scopo idroelettrico. [4 ore]

3. Progettazione idraulica di una galleria di adduzione. [4 ore]
4. Progetto e verifica di una rete di acquedotto per un centro abitato di 20 000 ab. [15 ore]
5. Progetto e verifica della rete di smaltimento delle acque pluviali e reflue di un centro di 20 000 ab. [15 ore]

#### BIBLIOGRAFIA

Arredi, *Costruzioni idrauliche. Vol. I-IV.*

Evangelisti, *Impianti idroelettrici.*

Ginocchio, *L'énergie hydraulique.*

Quaglia, *Appunti di acquedotti e fognature.*

#### ESAME

Prova di esame orale alla fine del corso, della durata di circa 40 minuti, su almeno tre argomenti.

Anno: periodo 5:1

Docente: Claudio Scavia (collab.: Mauro Borri Brunetto)

Il corso si propone di fornire una visione dei fondamenti della meccanica e dell'ingegneria delle rocce. Dopo un approfondito esame delle caratteristiche di comportamento fisico-meccanico delle rocce e degli ammassi rocciosi, sono passati in rassegna i principali metodi di calcolo e dimensionamento delle opere interagenti con gli ammassi rocciosi: gallerie e cavità sotterranee, pendii, fondazioni.

#### PROGRAMMA

- La prima parte del corso riguarda la descrizione qualitativa e quantitativa degli ammassi rocciosi. Sono trattati nel dettaglio i metodi di indagine (con rilevamenti in superficie, mediante perforazioni di sondaggio, ed altre tecniche in sito) e di classificazione degli ammassi rocciosi, le prove di laboratorio ed in sito. Viene dedicata particolare cura alla simulazione del comportamento meccanico degli ammassi rocciosi, in accordo ai concetti della meccanica dei mezzi continui e discontinui.
- La seconda parte illustra i fondamenti dei metodi progettuali e di dimensionamento (di tipo empirico, analitico, numerico, osservazionale) delle strutture in roccia e dei relativi mezzi di sostegno, rinforzo e stabilizzazione con riferimento a fondazioni, pendii naturali e fronti di scavo, gallerie e cavità sotterranee, problemi minerari e riguardanti il territorio.

#### ESAME

Prova scritta a metà semestre. Prova scritta e orale a fine corso.

**S 391 0****Pianificazione dei trasporti**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Francesco Iannelli

Il corso si propone l'approfondimento dei temi di pianificazione dei trasporti e delle infrastrutture fornendo le principali conoscenze di base teoriche ed applicative del processo di pianificazione e discutendo la loro applicazione ad alcuni casi reali.

**REQUISITI**

*Tecnica ed economia dei trasporti, Calcolo delle probabilità e statistica, Ricerca operativa.*

**PROGRAMMA**

*Il processo di pianificazione e il diritto alla mobilità.*

– Il significato e l'importanza del processo di pianificazione negli scenari temporali e spaziali della mobilità. La mobilità e il diritto ad esercitarla. La relazione tra mobilità e tessuto urbano, socio-economico, territoriale, ambientale. Il costo sociale del trasporto.

*Definizione degli obbiettivi specifici d'interesse generale.*

– Obiettivi specifici di tipo generale e scenari temporali e spaziali in relazione ai livelli di pianificazione. Livelli di definizione funzionale.

*La formazione di un modello nel processo di pianificazione.*

– La necessità di individuare un modello matematico di interrelazione tra le attività e la mobilità. La validazione generale dei modelli. Cenni sulla teoria dei sistemi. La teoria e la realtà dei comportamenti individuali: costruzione di un modello interpretativo, dal modello individuale a quello globale.

*Alcuni modelli di base nel processo di pianificazione.*

– Il modello regressivo lineare semplice e multiplo. Il modello gravitazionale. Il modello di Lowry. Il modello di accessibilità. Il modello di ripartizione modale. I modelli di generazione, distribuzione ed assegnazione degli spostamenti. Il modello di ottimizzazione lineare. Il modello del costo generalizzato. Il modello di simulazione dell'inquinamento atmosferico ed acustico del traffico.

*Individuazione dell'obbiettivo specifico e formalizzazione della metodologia per la soluzione dell'obbiettivo.*

*Le fasi di una metodologia di base del processo di pianificazione.*

– *Inventario di tutte le condizioni esistenti.*

Le variabili socio-economiche, urbanistico-territoriali, del sistema dei trasporti e delle infrastrutture, del sistema della mobilità, del sistema ambientale e di inquinamento atmosferico e ed acustico.

La delimitazione dell'area in studio e relativa zonizzazione per la conoscenza e la valutazione delle variabili: parte conoscitiva e parte di analisi e valutazione.

– *La modellizzazione della mobilità.*

La formazione di un modello di domanda e il processo di assegnazione all'offerta attraverso modelli di ripartizione modale. La verifica di un possibile equilibrio e di validazione dei modelli.

– *La previsione delle variabili.*

La previsione con riferimento all'assetto del territorio, delle attività e della mobilità.

– *Il progetto specifico all'obbiettivo.*

Gli scenari. La scelta del sistema di trasporto. Organizzazione. Scelta dell'infrastruttura. Valutazione economica e/o tecnica: l'analisi costi – benefici. Valutazione dal punto di vista sociale ed ambientale: l'analisi VIA (valutazione impatto ambientale) e l'analisi multicriteri.

– *L'equilibrio tra domanda e offerta.*

Analisi dei risultati delle modellizzazione e delle scelte progettuali.

*Analisi e discussione di alcuni progetti di pianificazione.*

- Il piano dei trasporti. Il piano dei trasporti pubblici. Il piano dei trasporti privati. Il piano urbano del traffico. Il piano del trasporto merci.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono articolate in tre principali sezioni:

1. la prima affronta l'applicazione delle metodologie di base nella modellistica dei trasporti e riguardano la conoscenza dei modelli lineari ed il loro utilizzo dal punto di vista previsionale;
2. la seconda affronta l'applicazione ad un caso reale dei modelli di base del processo di pianificazione, dalla generazione all'assegnazione della mobilità;
3. nell'ultima si analizzano e si discutono alcuni casi reali.

## BIBLIOGRAFIA

La specializzazione e la tipologia dei contenuti di pianificazione non consente l'utilizzo di un solo testo. Nel corso delle lezioni e delle esercitazioni saranno disponibili alcuni testi ed alcuni copie di casi reali che saranno oggetto di approfondimento e di discussione. Si segnalano alcuni testi consigliati:

Ortuzar, Willumsen, *Modelling transport*.

Wiley Colin Lee, *I modelli nella pianificazione*, Marsilio.

IRSPER, *Sistema regionale dei trasporti e programmazione*, Angeli.

## ESAME

L'esame è basato sulla prova orale e sulla valutazione di una prova scritta impostata durante le esercitazioni che percorre gli argomenti trattati nel corso.

**S 418 0****Progettazione di sistemi di trasporto**

Anno:periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Francesco Iannelli

L'insegnamento riguarda gli aspetti progettuali e costruttivi degli impianti di trasporto persone e materiali su sede fissa, di tipo convenzionale ed innovativo, ed i problemi tecnici connessi con le prestazioni, la sicurezza ed il *comfort* di viaggio dei veicoli di trasporti su strada.

**REQUISITI**

Basi della *Scienza delle costruzioni*, della *Tecnica delle costruzioni*, di *Elettrotecnica* e di *Meccanica*.

**PROGRAMMA**

- La progettazione e la costruzione di impianti a fune, aerei e terrestri, per trasporto di persone e di materiali. [24 ore]
- La progettazione e la costruzione di ascensori, elevatori e montacarichi. [4 ore]
- Le funi metalliche per gli impianti di trasporto. [4 ore]
- I circuiti di alimentazione, segnalazione, sicurezza e comando a distanza negli impianti fissi di trasporto. [4 ore]
- I motori per trazione negli impianti di trasporto su sede fissa e nei trasporti su strada. [4 ore]
- Consumi ed inquinamento ambientale. [4 ore]
- La progettazione dei principali organi degli autoveicoli in relazione alle prestazioni, alla sicurezza ed al *comfort* di viaggio. [6 ore]
- I problemi progettuali dei veicoli ferroviari e stradali con vetture rimorchiate. [4 ore]
- La regolamentazione italiana ed europea in materia di costruzione ed autorizzazione alla circolazione degli autoveicoli. [4 ore]
- I sistemi di trasporto di tipo innovativo. [2 ore]

**ESERCITAZIONI**

Ad ogni gruppo di allievi (massimo tre allievi per gruppo), verrà assegnato un progetto di massima di un impianto di trasporto, da svolgere nel corso dell'anno accademico e da presentare almeno una settimana prima della prova orale.

I progetti comprenderanno lo studio di linea, la verifica delle caratteristiche dei motori, la verifica di stabilità dei veicoli e delle principali strutture di stazione e di linea.

Saranno disponibili, in Dipartimento, due calcolatori elettronici con stampante, adatti allo studio delle linee funiviarie, ma utilizzabili esclusivamente alla presenza del Docente o dei suoi collaboratori.

Gite di istruzione: nel corso dell'AA verranno effettuate una o due gite di istruzione su impianti in esercizio o in costruzione.

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

D. Marocchi, *Trasporti a fune*, Levrotto & Bella, Torino, 1992.

D. Marocchi, *Lo studio delle linee funiviarie con il calcolatore elettronico*, Levrotto & Bella, Torino, 1994.

D. Marocchi, *Trasporti su strada*, Levrotto & Bella, Torino.

Nel corso delle lezioni verranno segnalate pubblicazioni e regolamenti adatti al completamento del corso.

Testi ausiliari:

P. D'Armini, *Elementi di progetto per impianti a fune*, ESA, Roma.

F. Linguiti, *Impianti di trasporto a fune*, Ed. Sistema, Roma.

## ESAME

L'esame finale consisterà nella discussione sul progetto presentato ed in un esame orale sull'intero programma.

**S 520 0****Storia dell'architettura**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4+1 (ore settimanali)

Docente: Riccardo Nelva (collab.: Angelo Ciribini)

Il corso è diretto a fornire metodi e nozioni relativi all'indagine storica, alla lettura e all'interpretazione critica di fatti architettonici ed urbanistico-territoriali quale necessaria conoscenza per la progettazione in campo architettonico-edilizio e territoriale, nell'ambito delle nuove realizzazioni e del recupero dell'esistente.

Vengono toccati successivi periodi della storia architettonica ed urbanistica, incentrando l'attenzione, volta per volta, su uno o più esempi particolarmente significativi, in modo da illustrare sia metodologie di indagine che caratterizzazioni architettoniche. Gli esempi vengono scelti prevalentemente nell'ambito della città e della regione.

**REQUISITI**

*Disegno, Architettura tecnica.*

**PROGRAMMA**

- Introduzione: finalità e contenuto del corso. Metodi di analisi di un territorio e di lettura delle caratterizzazioni ambientali e dei fenomeni evolutivi. Metodi di indagine storica e documentaria. L'esempio delle modulazioni territoriali, urbanistiche ed edilizie romane: la centuriazione nel tavoliere torinese, il *castrum*. Analisi dei legami territoriali e degli aspetti edilizi negli aggregati montani. Dinamica aggregativa e modulazioni edilizie. [6 ore]
- Geometrie strutturali e caratterizzazioni dell'edilizia laterizia romanica. L'organizzazione territoriale benedettina. Geometrie latenti e strutturazioni statiche nell'architettura gotica; i costruttori di cattedrali: Villard de Honnecourt. Le volte gotiche nervate: intuizione statica e immaginazione formale. [6 ore]
- Architettura rinascimentale. Rapporti tra razionalità, funzionalità e composizione nelle ville venete palladiane. Dal Manierismo al Barocco; urbanistica di disegno unitario di epoca barocca: l'esempio degli ampliamenti di Torino. Edilizia di rappresentanza. [4 ore]
- Architettura e urbanistica neoclassica: l'esempio della Piazza Vittorio Veneto e della Gran Madre di Torino. Fenomeni di trasformazione urbana nel XIX sec., l'abbattimento dei bastioni e la realizzazione dei viali. Evoluzione urbana di Vercelli. Architetture neoclassiche ed eclettiche, esempi in Vercelli, caratteristiche architettoniche, distributive e costruttive. Evoluzione dell'edilizia ospedaliera nel Sette-Ottocento. [6 ore]
- L'architettura degli ingegneri. L'edilizia in ferro, i palazzi per esposizione, J. Paxton e il Crystal Palace. Le opere di H. Labrouste. I ponti sospesi. Ingegneria e architettura in A. Antonelli e C. Caselli: tipologie costruttive in laterizio. Strutturazioni statiche e compositive della guglia di S. Gaudenzio a Novara e della Mole di Torino. [4 ore]
- I movimenti modernisti in Europa e in Italia. L'Art Nouveau, Jugendstil, Secession, Modernismo, Modern Style, le radici del movimento. I protagonisti. [4 ore]

- Collaborazione tra materiali diversi. I primi esperimenti sui calcestruzzi armati, i sistemi negli USA. La diffusione del cemento armato in Italia, il sistema Hennebique e Monnier, l'impresa G.A. Porcheddu di Torino. Il cemento armato assurge ad architettura: opere di F. Hennebique e di A. Perret. I ponti tipo Risorgimento: esempi torinesi e il prototipo romano. Le strutture a telaio e gli edifici industriali. Aspetti progettuali e realizzativi della Fiat Lingotto. [6 ore]
- Le radici del funzionalismo. L'opera di T. Garnier. Lo sviluppo dell'architettura funzionale in Europa e in America. W. Gropius e la Bauhaus, lo Statuto della Bauhaus. L'opera di G. Pagano tra tradizione e innovazione. Il Razionalismo in Italia: G. Terragni. H.P. Berlaghe e la scuola olandese. Il razionalismo neoplastico olandese. [8 ore]
- Gli strutturisti, Fraissinet, Maillard, P.L. Nervi. L'edificio di Torino Esposizioni e il Palazzo del Lavoro a Torino. [2 ore].
- I grandi protagonisti dell'architettura moderna. Le Corbusier, alcune opere esemplificative. Le opere di Mies van der Rohe, il primo periodo neoplastico, le modulazioni geometriche e la congruenza dei particolari costruttivi, gli edifici al IIT, edifici residenziali e per uffici. L'architettura organica: F.L. Wright e i legami con la tradizione. La concezione della casa, la distribuzione delle piante, le geometrie ricorrenti, i materiali utilizzati, l'inserimento nella natura. Le opere di F.L. Wright. [6 ore]

#### ESERCITAZIONI (IN AULA O IN SOPRALLUOGO)

1. Il metodo di schedatura critico-antologica: applicazione all'analisi delle strutture territoriali di un'area del Piemonte, modulazioni della centuriazione del tavoliere torinese.
2. Strutturazioni funzionali, statiche e compositive nell'architettura romanica e gotica.
3. Strutturazioni distributive, statiche e compositive nell'edilizia residenziale barocca.
4. Aspetti statico costruttivi, di illuminazione e di linguaggio compositivo nelle coperture ferro di grandi spazi pubblici.
5. Tipologie distributive e costruttive di edilizia residenziale ottocentesca.
6. Pretesti distributivi e costruttivi in edifici "Art Nouveau".
7. Individualità architettonica ed aspetti edilizi e costruttivi in edifici industriali in calcestruzzo armato, l'esempio dello stabilimento Fiat Lingotto a Torino.
8. Legami con la tradizione e legami con il Funzionalismo internazionale; esempi di architettura razionalista in Italia, l'esempio dell'intervento urbano di A. Melis a Vercelli.
9. Compresenza di motivi di impostazione funzionale ed aspetti tradizionali in edifici del razionalismo italiano; l'esempio della Casa del Fascio a Como di G. Terragni.
10. Aspetti funzionali e sviluppi compositivi razionalizzanti in opere di Le Corbusier.
11. Legami con la tradizione e aspetti innovativi dell'architettura di F.L. Wright.

#### LABORATORIO

Uso di programmi *data-base* per documentare e classificare beni edilizi e ambientali.

## BIBLIOGRAFIA

Per ogni argomento monografico delle lezioni verrà fornita l'indicazione bibliografica e il testo di pubblicazioni in tema.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

A. Cavallari Murat, *Come carena viva*, Bottega d'Erasmus, Torino, 1982

N. Pevsner, *Storia dell'architettura europea*, Il Saggiatore, Milano, 1966-

B. Zevi, *Spazi dell'architettura moderna*, Einaudi, Torino.

R. Nelva, B. Signorelli, *Avvento ed evoluzione del calcestruzzo armato in Italia*, AITEC, Milano, 1990

R. Nelva, B. Signorelli, *Le opere di Pietro Fenoglio tra Eclettismo e Art Nouveau*, Dedalo, Bari, 1979.

## ESAME

Esame orale sui contenuti delle lezioni, previa verifica degli elaborati grafici oggetto delle esercitazioni.

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)

Docente: Carla Lombardi

La qualità dell'ambiente, inteso sia come spazio esterno e sia come spazio confinato (abitazioni, luoghi di lavoro, locali pubblici ecc.), è oggetto di grande attenzione da parte del mondo scientifico-professionale e dalla società in generale, come testimoniato fra l'altro dal grande sviluppo della legislazione in materia.

Il corso si rivolge agli allievi ingegneri che intendano acquisire le conoscenze di base e gli strumenti operativi per poter affrontare problemi quali il controllo ed il monitoraggio delle emissioni inquinanti, la climatizzazione, la ventilazione degli edifici civili ed industriali, il controllo del rumore.

## REQUISITI

*Fisica tecnica*

## PROGRAMMA

- Atmosfera. Definizione di inquinamento atmosferico. Terminologia. Classificazione degli inquinanti. Concetto di *standards* di emissione e di qualità dell'aria. Particolato: sorgenti, effetti, *standard* di emissione. Campionamento ed analisi del particolato; ossidi di zolfo e piogge acide, composti dell'azoto, composti organici del carbonio: sorgenti, effetti, limiti di emissione e monitoraggio: composti inorganici del carbonio ed effetto serra, composti inorganici alogenati. Radioattività, odori: sorgenti, effetti limiti di emissione e monitoraggio. [10 ore]
- Abbattimento del particolato: sistemi di depurazione a secco ed ad umido. Abbattimento di vapori e gas: sistemi ad assorbimento, ad adsorbimento, a condensazione, a reazione chimica, ad incenerimento. [8 ore]
- Qualità dell'aria *indoor*, tassi di ventilazione suggeriti, metodi di calcolo della ventilazione naturale, metodi di misura, ventilazione meccanica. [6 ore]
- Benessere termo-igrometrico: teoria di Fanger. Calcolo dei carichi termici invernali degli edifici. Impianti di riscaldamento: impianti ad acqua calda, a pannelli radianti; riscaldamento urbano centralizzato. [12 ore]
- Richiami di psicrometria. Componenti degli impianti di climatizzazione. [9 ore]
- Bilancio termo-igrometrico di un ambiente e calcolo dei carichi termici di un edificio. [6 ore]
- Impianti di climatizzazione: a sola aria, a sola acqua, misti; condizionatori autonomi. Dispositivi di regolazione degli impianti. [8 ore]
- Richiami di acustica fisica e fisiologica. Fonoassorbimento e fonoisolamento. Valutazione del disturbo e del danno. Normativa ambienti di lavoro. Protezione dal rumore negli ambienti di lavoro: metodologie di intervento sul rumore alla fonte e sull'ambiente; mezzi individuali di protezione. Rumore ambiente esterno: normativa. Interventi di bonifica ambientale. [12 ore]

## ESERCITAZIONI

1. Atmosfera: parametri meteorologici. Moti atmosferici: planetario, sinottico. meso-scala. microscala. Gradiente termico adiabatico. Classi di stabilità dell'atmosfera: teoria ed esercitazione. [6 ore]
2. Sorgenti puntiformi: forme del pennacchio e modellistica. Esercitazione di calcolo concentrazione al suolo. [9 ore]
3. Esempio di calcolo di progetto di un impianto di riscaldamento. [6 ore]
4. Progetto di un impianto di climatizzazione. [8 ore]

## LABORATORIO

Misure di inquinamento atmosferico. Misure fonometriche.

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Appunti del corso.

W. Formenton, *L'aria e l'azienda*, Laboratori Ecochimica, Vicenza.

E. Bettanini, P.F. Brunello, *Lezioni di impianti tecnici. Vol. I e II*, CLEUP, Padova.

C.M. Harris, *Manuale di controllo del rumore*, Tecniche Nuove, 1983.

Testi ausiliari:

G. Alfano, F. D'Ambrosio, F. Dè Rossi, *Fondamenti di benessere termoigrometrico*, CUEN.

Napoli Stern, *Air pollution*, Academic Press.

## ESAME

L'esame consisterà in una discussione sul lavoro di esercitazione eseguito, accompagnata da richiesta di approfondimento teorico di alcuni argomenti così come sviluppati a lezione.

Anno: periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Adelmo Crotti

Il corso ha lo scopo di fornire i fondamenti dell'ingegneria dei trasporti attraverso la trattazione delle principali teorie che stanno alla base della pianificazione, della tecnica e della gestione dei sistemi di trasporto.

Si configura pertanto come corso formativo e informativo di settore e propedeutico per i corsi specialistici del 5° anno.

### REQUISITI

*Istituzioni di economia, Meccanica applicata alle macchine + Macchine, Elettrotecnica.*

### PROGRAMMA

*Premessa.* [6 ore]

- L'ingegneria dei trasporti nella formazione e nella professione degli ingegneri. Basi storiche dell'attuale assetto dei trasporti. La politica dei trasporti in Italia e nei paesi industrializzati. L'organizzazione dei trasporti in Italia.

*Elementi di economia dei trasporti.* [6 ore]

- La spesa nazionale nel settore trasporti ed il conto nazionale dei trasporti. Le forme di mercato e le sue imperfezioni. I costi di produzione. Le tariffe. Le sovvenzioni alle imprese, la politica fiscale. Analisi della domanda e dell'offerta di trasporto.

*La pianificazione dei trasporti.* [6 ore]

- Modelli di domanda e di offerta. Modelli previsionali. Tecniche quantitative per la pianificazione dei trasporti.

*Elementi di tecnica dei trasporti.* [8 ore]

- Caratteristiche e prestazioni dei veicoli terrestri. Il moto del veicolo: forze attive e resistenze. Caratteristiche meccaniche dei motori di trazione. Fasi caratteristiche del moto.

*La congestione nei sistemi di trasporto.* [8 ore]

- Caratteristiche e prestazioni delle infrastrutture stradali e ferroviarie. Le teorie del deflusso: capacità e potenzialità di trasporto. I sistemi a guida libera e a guida vincolata. Sistemi di esercizio e regimi di circolazione.

*Esercizio dei sistemi di trasporto.* [6 ore]

- Le prestazioni dei sistemi di trasporto. Sistemi di trasporto integrati, nodi di interscambio, intermodalità. I trasporti metropolitani.

*Organizzazione ed economia delle imprese di trasporto.* [6 ore]

- Le risorse per la produzione del trasporto. Bilanci ed indicatori gestionali. Costi e ricavi totali, medi e marginali. Punto di pareggio e di massimo profitto. Organizzazione delle imprese.

*Valutazione degli investimenti e dei progetti.* [4 ore]

- L'analisi finanziaria. L'analisi economica. L'analisi costo - efficienza.

## ESERCITAZIONI

1. Definizioni e nomenclatura attinenti i veicoli e le infrastrutture stradali. Il moto del veicolo isolato, forze attive e resistenze. [4 ore]
2. L'equazione del moto. Calcolo delle prestazioni degli autoveicoli a regime e nelle fasi di accelerazione e frenatura. [4 ore]
3. Definizioni e nomenclatura attinente i veicoli e le infrastrutture ferroviarie. Formule sperimentali per il calcolo delle resistenze ordinarie ed accidentali. [4 ore]
4. Diagrammi di trazione e integrazione tabellare dell'equazione del moto. [4 ore]
5. Capacità e livello di servizio delle strade. Applicazioni dal manuale HCM. [4 ore]
6. Potenzialità di circolazione delle linee ferroviarie. Regimi di circolazione. [4 ore]
7. Sistemi a barriera e loro dimensionamento. [4 ore]
8. Dimensionamento dei servizi di trasporto, risorse occorrenti. Orari grafici. [4 ore]
9. Costo del trasporto. Bilanci. Indicatori gestionali. [4 ore]
10. Introduzione alla pianificazione dei trasporti. Fasi operative. Valutazione degli investimenti e dei progetti. [4 ore]
11. Valutazioni economiche. [4 ore]
12. Valutazioni multiobiettivi e multicriteri. [4 ore]

## BIBLIOGRAFIA

Mario Del Viscovo, *Economia dei trasporti*, UTET.

Vincenzo Torrieri, *Analisi del sistema dei trasporti*, Falzea.

Appunti del corso.

## ESAME

Prova d'esame scritta e orale.

Esame scritto. Risoluzione di esercizi su argomenti trattati nelle esercitazioni, con possibilità di consultazione di testi e appunti.

Esame orale. Per l'ammissione alla prova orale occorre aver superato con esito almeno sufficiente la prova scritta.

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4+1 (ore settimanali)  
52+52+10 (nell'intero periodo)

Docente: Enrico Desideri

Il corso si propone di introdurre gli studenti alle tematiche dell'urbanistica; delle tecniche urbanistiche per la pianificazione del territorio e del processo di pianificazione urbanistica, fornendo un quadro di riferimento delle vicende salienti dell'esperienza urbanistica in Italia ed all'estero.

D'intesa con il docente saranno definiti, all'inizio del corso, i temi di ricerca, da sviluppare durante le esercitazioni da assegnare ai singoli gruppi e che potranno riguardare l'analisi diretta di un ambiente geografico delle composite componenti di umanizzazione (fattori sociologici, ambientali, organizzativi, formali ecc.).

#### PROGRAMMA

- Introduzione all'urbanistica: dalla genesi delle città allo sviluppo della città moderna, con particolare riferimento ai problemi legati alla tecnica ed alla pianificazione urbanistica. La Grecia e la pianificazione ellenistica, Roma e la sua opera di pianificazione, l'alto Medioevo ed il risveglio della città-stato comunale, la trattatistica e le realizzazioni urbanistiche del rinascimento. Il Settecento: cultura e sviluppi economici, città di residenza e città di colonizzazione. Le grandi trasformazioni ottocentesche, Parigi, il Ring di Vienna e l'azione di Camillo Sitte. Da Owen alla città giardino e all'urbanistica moderna. La città cablata.
- L'evoluzione degli studi urbanistici: contributi delle discipline sociologiche, storiche, geografiche ed economiche. Il pensiero urbanistico e gli schemi ideali: il movimento razionalista, la carta di Atene, il piano di Amsterdam, Broadacre City e le nuove città dell'epoca contemporanea.
- Le problematiche dell'edilizia e dei relativi *standard*. Traffico, strade e circolazione. Le piazze e loro caratteri requisiti. Caratteri delle strade urbane: andamento planimetrico, orientamento, andamento altimetrico, sezioni stradali urbane: strade ed edilizia. La circolazione stradale, aree pedonali, trasporti urbani pubblici su strada o in sotterranea (metropolitane).
- Le infrastrutture urbane e gli *standards* urbanistici. Zone verdi e tempo libero: giardini e parchi pubblici, campi di gioco e zone sportive, dotazione e distribuzione del verde nei complessi urbani, sistemi organici del verde.
- La progettazione delle opere di urbanizzazione primaria e secondaria: la legislazione delle opere pubbliche e la predisposizione degli elaborati progettuali, di contabilità e di collaudo.
- Obiettivi e attuazione della pianificazione territoriale ed urbanistica: gli esempi più significativi.
- Lineamenti generali e livello della pianificazione urbanistica: lineamenti di piano nazionale, piano territoriali di coordinamento, piani comprensoriali, sub-regionali, settoriali. Piani regolatori e strumenti urbanistici esecutivi. L'evoluzione urbanistica italiana prima e dopo la legge generale n. 1150 del 1942.

- La pianificazione urbanistica e le risorse ambientali: la strumentazione urbanistica e la tutela del paesaggio.
- Introduzione all'elaborazione automatica dei dati territoriali: l'informatica come strumento per la cartografia ed il governo del territorio. Applicazioni nel campo della pianificazione urbanistica generale (PRGC) e strumentazione urbanistica esecutiva (Piani Particolareggiato, Piani Esecutivi Convenzionati ecc.). Gestione della certificazione urbanistica informatizzata e gestione delle pratiche edilizie negli uffici tecnici comunali collegati alla informatizzazione del PRGC.
- Uso agricolo ed urbano del suolo: rendite economiche e rendite di posizione.
- Il processo di urbanizzazione e crescita del sistema di città. Funzioni urbane e classificazione funzionale della città. Le funzioni centrali e la teoria del *central place*. Le teorie della localizzazione industriale.
- Il ruolo dei modelli nel processo di pianificazione: principi per la progettazione e l'uso dei modelli.
- La valutazione di impatto ambientale: applicazioni a livello locale e nazionale: raffronti tra normativa italiana e normativa estera.
- La pianificazione territoriale in Occidente, con particolare riferimento ai paesi anglosassoni (Gran Bretagna e Stati Uniti) ed all'Europa continentale (Francia, Svizzera, Germania, Olanda, Belgio, Grecia).
- Innovazione tecnologica e trasformazioni territoriali. I poli scientifico tecnologici. Tecnopòli e Tecnòpoli.
- Il governo delle aree metropolitane: legislazione italiana, ed esempi di legislazioni estere. Illustrazione di esempi significativi di trasformazioni urbane e metropolitane nei paesi occidentali e nei paesi in via di sviluppo.

## ESERCITAZIONI E LABORATORIO

Le esercitazioni saranno sviluppate in modo tale da consentire allo studente l'acquisizione di capacità progettuali per la predisposizione di Strumenti Urbanistici Esecutivi e di progetti di gestione territoriale collegati alla pianificazione urbanistica e territoriale. Indagini e rilievi di tipologie urbanistiche e raffronti con modelli illustrati a lezione. Ricerche finalizzate alla comprensione di particolari problemi e temi sviluppati a lezione, per una migliore comprensione della realtà operativa professionale.

Le esercitazioni di laboratorio informatico verranno svolte dal docente come parte integrante e applicativa di alcuni argomenti trattati durante le lezioni e inserite di conseguenza nell'orario ufficiale.

## BIBLIOGRAFIA

Durante il corso saranno messe a disposizione degli allievi dispense settoriali del corso: di volta in volta sarà fornita ampia bibliografia per l'approfondimento dei singoli temi.

## ESAME

È prevista nella seconda parte del corso una prova scritta facoltativa, il superamento della quale comporta l'esonero della prova scritta dell'esame finale. Tale prova può essere ripetuta alla fine del corso (durata della prova un'ora e mezza: non sono consultabili appunti o libri di testo).

# Corso di laurea in Ingegneria elettronica

## Profilo professionale

L'attuale figura dell'ingegnere laureato in *Ingegneria elettronica* ha conquistato una vasta e profonda stima e credibilità nell'ambiente del lavoro: il mondo industriale si aspetta una conferma e un consolidamento su basi sempre più aggiornate del tipo di formazione sinora offerto. Peraltro l'innovazione continua nel settore dell'information technology e nei campi collegati richiede anche figure professionali con preparazione più approfondita in sottosectori specifici.

Per questi motivi, nel Progetto di riordino degli studi di Ingegneria è prevista in alcune sedi la creazione di lauree in *Ingegneria informatica* e in *Ingegneria delle telecomunicazioni*, lauree che evidentemente devono soddisfare un'esigenza di specializzazione nei rispettivi campi. La laurea in *Ingegneria elettronica* mantiene invece l'obiettivo di una formazione ad ampio spettro culturale e professionale, trasversale ai contenuti delle altre lauree del settore dell'informazione.

L'ingegnere elettronico deve possedere competenze di progettazione di sistemi elettronici finalizzati nei diversi campi di applicazione, relative agli aspetti tecnologici, a quelli sistemistici, ed a quelli organizzativo-produttivi (producibilità, collaudabilità ...). Lo spettro di conoscenze deve comprendere l'architettura dei sistemi sia analogici sia digitali. In particolare l'ingegnere elettronico deve avere piena padronanza della catena di progettazione completa, dalla definizione e scelta delle architetture agli aspetti più legati alla tecnologia realizzativa, comprendendo le tecniche di verifica per le varie fasi (strumenti di simulazione e di verifica del progetto, metodi di analisi e di collaudo).

Ciò non toglie che la laurea in Ingegneria elettronica presenti anche una sua precisa specificità, coprendo ampi spazi culturali autonomi. Sono infatti propri della laurea in Ingegneria elettronica lo studio e lo sviluppo:

- delle tecniche di progetto, di ingegnerizzazione e di produzione degli apparati e dei sistemi elettronici, sia analogici sia digitali, per tutte le applicazioni sia nel settore dell'informazione, sia in quello industriale o *consumer*;
- delle tecnologie dei componenti elettronici, a microonde e ottici;
- dei componenti e dei sistemi per la microelettronica (VLSI, MMIC) e l'optoelettronica;
- dei sensori, della strumentazione elettronica per le misure e per i controlli;
- dell'elettromagnetismo e delle sue applicazioni nei campi delle microonde e onde millimetriche, della compatibilità elettromagnetica, dell'ottica integrata, del telerilevamento e sondaggio ambientale e infine della interazione con i materiali e le strutture biologiche;

– dell'elettronica di potenza e delle sue applicazioni nei controlli industriali.

La formazione dell'ingegnere elettronico deve comprendere una base a spettro ampio, che sarà il fondamento per la crescita professionale e consentirà di dominare con competenza i diversi campi in cui potrà essere chiamato a intervenire, integrata da un approfondimento in sottosectori specifici per un inserimento immediato nell'ambiente della ricerca-sviluppo o della produzione. Il processo formativo potrà in tal modo adattarsi con duttilità, e forse meglio che in altri ambienti formativi di più spinta specializzazione, all'emergere di filoni applicativi a carattere interdisciplinare, i quali prefigureranno nuovi profili professionali che superano le tradizionali divisioni disciplinari del settore.

Nei campi prima citati risulta poi trasversale l'interesse di fondo verso gli aspetti metodologici dall'elettronica fisica all'elettromagnetismo, dalle misure alle metodologie di progetto, anche in vista di una formazione più rivolta alla ricerca e che non finisce con il conseguimento della laurea. Sotto tale aspetto occorre rilevare come nel settore della elettronica la ricerca risulti essenziale per il mantenimento della competitività a livello industriale e per l'espansione di competenze tecnologiche strategiche.

Le competenze che si intende continuare a formare con il corso di laurea in Elettronica trovano riscontro nell'impiego prevalente, presso le aziende, dell'ingegnere laureato in questo corso di laurea: a una prima fase nella quale le funzioni ricoperte dal laureato sono principalmente quelle di progettista segue uno spostamento verso incarichi di coordinamento delle attività di progetto e produzione. È evidente inoltre che il ruolo orizzontale previsto nel settore dell'informazione per la laurea in Ingegneria elettronica comporti necessariamente nel *curriculum* formativo dello studente le necessarie competenze anche nei campi dell'informatica, dei controlli e delle telecomunicazioni.

### **Insegnamenti obbligatori**

La scelta proposta per gli insegnamenti obbligatori, globalmente considerati (per tutti i corsi di laurea, per il settore dell'informazione, per la laurea in Elettronica e specifici della Facoltà) è mirata a fornire una preparazione, sia di base, sia specifica tecnico-professionale, congruente con le indicazioni di profilo professionale precedentemente esposte.

Per quanto riguarda la formazione matematica di base, oltre al *corpus* tradizionalmente impartito negli attuali insegnamenti dei primi anni (*Analisi matematica*, *Geometria*), seppur parzialmente rivisti al fine di meglio rispondere alle nuove esigenze emerse, si pone l'esigenza di trovare lo spazio per discipline che si ritengono indispensabili per la formazione di un ingegnere elettronico. A tal fine è contemplato un corso di analisi superiore (*Analisi matematica 3*, ridotto), cui si riserva il compito primario di insegnare le funzioni di variabile complessa e le trasformate integrali (soprattutto Fourier), e si introduce un corso ridotto di *Calcolo delle probabilità*.

Un ruolo importante viene assegnato al corso di *Calcolo numerico*, cui si richiede, oltre ai concetti usualmente proposti, di affrontare temi di analisi superiore che si preferisce vengano trattati con la praticità del taglio numerico quali le equazioni alle derivate par-

ziali (differenze finite, elementi finiti) e le equazioni integrali (metodo dei momenti ...) e le funzioni speciali.

La preparazione di base è completata da un corso di *Chimica*, due di *Fisica* e uno di *Elettrotecnica*, secondo i requisiti richiesti dal Decreto di riordino degli studi di ingegneria. In particolare ai corsi di *Fisica* si chiede soprattutto di svolgere un ruolo formativo sugli aspetti unificanti della metodologia interpretativa propria della fisica. Rispetto alla concezione tradizionale dei capitoli della fisica, il coordinamento fra i corsi di *Fisica* e quello di *Elettrotecnica* comporta che nella *Fisica 1* vengano esposte le nozioni generali sulle unità dimensionali, una trattazione unificata dei campi e lo studio congiunto del campo gravitazionale e di quello coulombiano, mentre nella *Fisica 2*, oltre al resto, verrà esposta la trattazione della termodinamica (spostata da *Fisica 1* a *Fisica 2* per avvalersi della maggiore maturità tecnica acquisita dallo studente), non solo di tipo classico, ma anche statistico, con l'acquisizione di concetti quali quello del corpo nero, utile sia per le applicazioni in optoelettronica sia nella teoria del rumore. Tali conoscenze consentiranno una descrizione microscopica del magnetismo nei mezzi materiali.

Per quanto concerne l'*Elettrotecnica* si ritiene che, oltre ad una moderna esposizione della teoria dei circuiti, non possa prescindere dal fornire fondamentali concetti di elettromagnetismo, in modo tale che la preparazione professionale dell'ingegnere abbia una completezza ed uno spessore culturale adeguato per affrontare i problemi connessi con l'elevata integrazione e velocità dei dispositivi che caratterizzano le moderne applicazioni dell'elettronica.

La cultura ingegneristica di base è completata da due corsi a spettro ampio, ed in particolare:

- due corsi ridotti di *Meccanica applicata alle macchine* e di *Termodinamica applicata*, che forniscono il minimo indispensabile di conoscenze interdisciplinari, che possono essere ulteriormente approfondite mediante corsi specifici di alcuni orientamenti;
- un corso di *Economia ed organizzazione aziendale*, nel quale i principi di economia e di gestione aziendale vengono ampliati con cenni di microeconomia.

La preparazione professionale nel campo informatico è fornita dagli insegnamenti:

- *Fondamenti di informatica*:  
fornisce le nozioni di base relative all'architettura dei sistemi di elaborazione e alla loro programmazione mediante linguaggi di livello superiore quali il Pascal e il Fortran 77. La conoscenza del Fortran potrà essere usata nel corso di *Calcolo numerico*.
- *Sistemi informativi 1*:  
fornisce informazioni approfondite sulla struttura dei sistemi di elaborazione e illustra le metodologie avanzate di programmazione (con particolare riferimento alle strutture dati, agli algoritmi, alle grammatiche ed ai linguaggi) e di ingegneria del *software*.

La preparazione professionale nel campo delle telecomunicazioni è fornita da due insegnamenti:

– *Teoria dei segnali:*

fornisce gli strumenti metodologici fondamentali per la descrizione, l'analisi e la modellizzazione dei segnali, sia di tipo determinato, sia di tipo aleatorio, nonché i principi delle tecniche di trattamento ed elaborazione dei segnali.

– *Comunicazioni elettriche:*

presenta un modello semplificato di canale di comunicazione e sviluppa le tecniche di trasmissione dei segnali, sia numerici sia analogici, sia in banda base che modulati, nonché le tecniche di trasmissione di segnali analogici per via numerica.

La preparazione professionale nel campo dei controlli automatici è fornita dall'insegnamento di

– *Controlli automatici:*

che analizza i sistemi dinamici di controllo nei loro diversi aspetti, cioè il modello e le sue approssimazioni, i segnali di comando, le variabili di uscita (da controllare), i disturbi; sviluppa inoltre le tecniche di progetto di controlli in catena chiusa con particolare riferimento ai sistemi lineari con una variabile di ingresso e di uscita.

La preparazione professionale nel campo dell'elettromagnetismo e dei fenomeni propagativi è fornita da due insegnamenti:

– *Campi elettromagnetici:*

affronta il problema dell'interazione fra campi elettromagnetici e mezzi materiali e fornisce la soluzione delle equazioni di Maxwell in mezzo omogeneo e non omogeneo. Definisce i parametri caratteristici delle antenne e tratta il fenomeno della propagazione guidata con particolare accento alle linee di trasmissione, alle guide d'onda e alle guide dielettriche.

– Almeno un corso a scelta fra *Microonde e Compatibilità elettromagnetica*.

La preparazione professionale specifica nel campo elettronico componentistico e circuitale è data da quattro insegnamenti:

– *Dispositivi elettronici:*

fornisce le nozioni di base che, partendo dalla teoria dei semiconduttori, portano alla descrizione del comportamento fisico dei principali dispositivi singoli o integrati e dei relativi modelli globali. Vengono descritti anche i principali passi del processo tecnologico di tipo bipolare e MOS (VLSI).

– *Teoria dei circuiti elettronici:*

si propone come interfaccia tra i corsi di *Elettronica* e di *Dispositivi elettronici* da una parte, e il corso di *Elettronica applicata* dall'altra. Dopo aver effettuato il passaggio logico dal modello fisico dei componenti a quello elettrico per piccoli o per grandi segnali e fornito alcuni cenni sui problemi connessi con il comportamento non lineare dei circuiti in presenza di grandi segnali, il corso si dedica all'analisi e al progetto di circuiti elettronici attivi, con operazionali ideali, destinati all'elaborazione del piccolo segnale. Vengono trattati anche alcuni aspetti connessi all'analisi e al progetto assistiti dal calcolatore.

– *Elettronica applicata:*

per quanto concerne l'aspetto analogico studia i circuiti con amplificatori operazionali non ideali, gli amplificatori di potenza e gli alimentatori lineari e a commutazione. Per quanto concerne l'aspetto digitale vengono definite le caratteristiche delle porte logiche, si studiano i circuiti delle principali porte logiche elementari e quelli dei circuiti combinatori complessi (PLA, ROM) e l'organizzazione di sistemi digitali complessi. Espone metodologie di progetto di circuiti dedicati. Il corso termina con la trattazione dei circuiti dell'elettronica di interfaccia (*sample and hold*, convertitori analogico-digitali e *multiplexer*).

– Almeno un corso a scelta tra *Microelettronica* ed *Elettronica delle microonde*.

La preparazione professionale specifica nel campo della strumentazione e delle misure, oltre che dai già citati corsi di *Teoria dei circuiti elettronici* e di *Elettronica applicata*, è data dall'insegnamento di

1 *Misure elettroniche:*

illustra i principi di funzionamento e di uso degli strumenti elettronici più diffusi nelle varie aree di interesse dell'ingegneria elettronica. Inoltre sviluppa i metodi e la strumentazione per le misure su sistemi di comunicazione con cenni su talune applicazioni delle misure di grandezze elettroniche in altre discipline.

Il quadro didattico sopra delineato vincola rigidamente 24 insegnamenti. La futura organizzazione del Corso di laurea fornirà un sufficiente ventaglio di ulteriori insegnamenti di orientamento entro cui lo studente dovrà scegliere i corsi che ne completeranno la preparazione. Il quadro complessivo degli insegnamenti obbligatori è sintetizzato nella tabella seguente.

## Quadro didattico degli insegnamenti obbligatori

<i>Anno</i>	<i>1° periodo didattico</i>	<i>2° periodo didattico</i>
1	<b>T0231</b> Analisi Matematica I <b>T0620</b> Chimica	<b>T2300</b> Geometria <b>T1901</b> Fisica I <b>T2170</b> Fondamenti di Informatica
2	<b>T0232</b> Analisi Matematica II <b>T1902</b> Fisica II <b>T1790</b> Elettrotecnica	<b>T1441</b> Dispositivi Elettronici I <b>T0234</b> Analisi Matematica III (r) <b>T0494</b> Calcolo delle Probabilità (r) <b>T5954</b> Termodinamica Applicata (r) <b>T3214</b> Meccanica Applicata alle Macchine (r)
3	<b>T5770</b> Teoria dei Circuiti Elettronici <b>T0510</b> Calcolo Numerico <b>T5800</b> Teoria dei Segnali	<b>T5011</b> Sistemi Informativi I <b>T0530</b> Campi Elettromagnetici <b>T1710</b> Elettronica Applicata
4	<b>T0800</b> Comunicazioni Elettriche <b>T3670</b> Misure Elettroniche <b>X (1)</b>	<b>T4540</b> Reti Logiche <b>T0840</b> Controlli Automatici <b>X (2)</b>
5	<b>X (3)</b> <b>X (4)</b> <b>X (5)</b>	<b>T1530</b> Economia ed Organizzazione Aziendale <b>X (6)</b> <b>X (7)</b>

(r) Corso ridotto.

X1 è scelta fra **T3570** Microonde e **T0760** Compatibilità elettromagnetica.

X2 è scelta fra **T3560** Microelettronica e **T6120** Elettronica delle microonde.

## Insegnamenti di orientamento

Le materie contraddistinte da X3, X4, X5 possono essere scelte fra le seguenti, con esclusione di quelle eventualmente già inserite nel piano di studi del IV anno:

- 1 **T0370** Automazione industriale
- 1 **T0410** Basi di dati
- 1 **T0760** Compatibilità elettromagnetica
- 1 **T1760** Elettronica di potenza
- 1 **T3570** Microonde
- 1 **T4530** Reti di telecomunicazioni
- 1 **T4550** Ricerca operativa
- 1 **T5690** Tecnologie e materiali per l'elettronica
- 1 **T5870** Teoria dell'informazione e codici

Le materie contraddistinte da X6, X7 possono essere scelte fra le seguenti, con esclusione di quelle eventualmente già inserite nel piano di studi del IV anno:

- 2 **T0275** Antenne/Propagazione (i)
- 2 **T0300** Architettura dei sistemi integrati
- 2 **T0770** Componenti e circuiti ottici
- 2 **T0850** Controllo dei processi
- 2 **T6120** Elettronica delle microonde
- 2 **T3560** Microelettronica
- 2 **T3690** Misure per l'automazione e la produzione industriale
- 2 **T2940** Ingegneria del *software*
- 2 **T4880** Sistemi di elaborazione

## **Programmi degli insegnamenti obbligatori**

### **S/T/U 023 1                      Analisi matematica 1**

Anno: periodo 1:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: *da nominare* (collab.: Andrea A. Gamba)

*[Testo del programma a p. 13]*

### **S/T/U 023 2                      Analisi matematica 2**

Anno: periodo 2:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Donatella Ferraris (collab.: Alberto Rossani)

*[Testo del programma a p. 15]*

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Anita Maria Tabacchi

Il corso presenta i principali risultati della teoria delle funzioni olomorfe e delle trasformazioni conformi, visti come applicazioni della teoria delle forme differenziali alle funzioni definite sul piano complesso. Vengono successivamente introdotte le trasformazioni di Fourier e Laplace, gli spazi di funzioni *test* e di distribuzioni, le soluzioni fondamentali di equazioni differenziali.

#### REQUISITI

*Analisi matematica 2.*

#### PROGRAMMA

*Richiami sulle proprietà delle funzioni di due variabili reali.*

– Topologia. Integrali di curva e forme differenziali.

*Funzioni di variabile complessa.*

– Funzioni di variabile complessa: limiti e continuità.

– Rappresentazione delle funzioni di variabile complessa: trasformazioni di insiemi. Primitive. Indice di una curva rispetto ad un punto.

*Funzioni olomorfe.*

– Equazioni di Cauchy–Riemann e teorema di Cauchy.

– Significato geometrico della derivata: trasformazioni conformi.

– Formula integrale di Cauchy e teorema del valor medio.

– Serie di potenze. Zeri di funzioni analitiche. Funzioni olomorfe e serie di potenze. Funzioni armoniche. Teoremi di Morera e Weierstrass.

– Principio del massimo modulo e teorema di Liouville.

*Punti singolari.*

– Singolarità isolate. Sviluppi in serie di Laurent. Poli e singolarità essenziali.

*Residui.*

– Teorema dei residui e tecniche per la loro determinazione.

*Trasformata di Laplace.*

– Proprietà e regolarità della trasformata di Laplace.

– Applicazioni allo studio di equazioni differenziali lineari. Convoluzione.

– Teoremi del valore iniziale e finale.

– Il problema dell'antitrasformazione e la formula di Mellin.

*Trasformata di Fourier.*

– Principali proprietà della trasformata di Fourier.

– Tecniche per il calcolo di trasformate di Fourier. Teorema di Riemann–Lebesgue. Convoluzione. Trasformata di Fourier e derivazione.

– Antitrasformata e formula integrale di Fourier. Formula di Parseval.

*Distribuzioni.*

– Spazio delle funzioni *test*. Spazio delle distribuzioni. La distribuzione *delta* di Dirac.

- Derivazione di distribuzioni. Trasformata di Fourier di distribuzioni.
- Soluzione fondamentale di una equazione differenziale.

### ESERCITAZIONI

1. Le trasformazioni  $\zeta = e^z$ ,  $\zeta = z^{1/2}$ . Integrali di curva sul piano complesso.
2. Applicazioni del teorema di Cauchy al calcolo di integrali reali.
3. Calcolo di sviluppi in serie di potenze e in serie di Laurent.
4. Applicazioni del teorema dei residui al calcolo di integrali reali.
5. Calcolo esplicito di alcune trasformate di Fourier e Laplace.
6. Applicazioni del teorema dei residui e della trasformata di Fourier allo studio della soluzione fondamentale di una equazione differenziale.

### BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

L. Pandolfi, *Complementi di analisi matematica*, Levrotto & Bella, 1993.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

R. Silverman, *Complex analysis, with applications*, Dover, 1984.

I.M. Gel'fand, G.E. Shilov, *Generalized functions*, Academic Press, 1964.

H. Dym, H.P. McKean, *Fourier series and integrals*, Academic Press, 1984.

**T 049 4****Calcolo delle probabilità (r)**

Anno: periodo 2:2

Docente: *da nominare* (collab.: Andrea A. Gamba)

**REQUISITI**

*Analisi matematica 1 e 2.*

**PROGRAMMA**

- Teoria delle probabilità: eventi numerabili; spazio campione; gli assiomi della probabilità; criteri di assegnazione delle probabilità. Probabilità congiunte e condizionate; indipendenza statistica.
- Teoria della probabilità: continuo di eventi; variabili casuali, densità di probabilità; momenti; densità di probabilità congiunte; correlazione e indipendenza statistica.
- Distribuzioni e loro proprietà generali; distribuzioni notevoli.
- Trasformazioni di variabili casuali.
- Serie formali e funzione caratteristica.
- La diseguaglianza di Chebysceff; il teorema del limite centrale. Convergenza in misura di probabilità.
- Introduzione ai processi stocastici: modelli di processi stocastici.
- Introduzione ai problemi di statistica e applicazioni: metodi Monte Carlo.

**BIBLIOGRAFIA**

A. Papoulis, *Probabilità, variabili aleatorie e processi stocastici*, Boringhieri, Torino, 1973.

**T 051 0****Calcolo numerico**

Anno: periodo 3:1

Docente: Alessandro Russo

Il corso ha lo scopo di illustrare i metodi numerici di base e le loro caratteristiche (condizioni di applicabilità, efficienza sia in termini di complessità computazionale che di occupazione di memoria) e di mettere gli studenti in grado di utilizzare librerie scientifiche (IMSL, NAG) per la risoluzione di problemi numerici.

**REQUISITI**

*Analisi 1, Geometria, Fondamenti di informatica.*

**PROGRAMMA**

- Preliminari. Condizionamento di un problema e stabilità di un algoritmo.
- Risoluzione di sistemi lineari. Metodo di Gauss; fattorizzazione di una matrice e sue applicazioni; metodi iterativi.
- Calcolo degli autovalori di una matrice.
- Approssimazioni di funzioni e di dati sperimentali. Interpolazione con polinomi algebrici e con funzioni *spline*. Minimi quadrati. Derivazione numerica.
- Equazioni e sistemi di equazioni non lineari: metodo di Newton e sue varianti. Processi iterativi in generale. Problemi di ottimizzazione.
- Calcolo di integrali. Formule di Newton-Cotes. Definizione e proprietà principali dei polinomi ortogonali. Formule gaussiane. *Routines* automatiche. Cenni sul caso multidimensionale.
- Equazioni differenziali ordinarie per problemi ai valori iniziali. Metodi *one-step* e *multistep*. Stabilità dei metodi. Sistemi *stiff*.
- Equazioni differenziali alle derivate parziali. Metodi alle differenze finite.

**BIBLIOGRAFIA**

G. Monegato, *Fondamenti di calcolo numerico*, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

Anno: periodo 3:2

Docente: Mario Orefice

Il corso ha lo scopo di fornire le basi teoriche per la comprensione e l'analisi dei fenomeni di propagazione libera e guidata di onde elettromagnetiche. Dopo aver risolto il problema generale dell'irradiazione, vengono analizzati i tipi più semplici di antenne. Per quanto riguarda la propagazione guidata, viene discusso il formalismo delle linee di trasmissione equivalenti e sono illustrati i tipi più comuni di guide d'onda, da quelle metalliche a quelle dielettriche (fibre ottiche).

### REQUISITI

*Elettrotecnica, Analisi matematica 3, Fisica 2.*

### PROGRAMMA

*Generalità.*

- Spettro elettromagnetico e sua utilizzazione. Equazioni di Maxwell e d'onda, nel dominio del tempo e della frequenza e teoremi generali.

*Soluzione delle equazioni di Maxwell in un mezzo omogeneo.*

- Problema omogeneo: onde piane, polarizzazione, relazione di impedenza. Problema non omogeneo: Funzione di trasferimento nello spazio  $k$ . Funzione di Green come risposta all'impulso del sistema elettromagnetico. Soluzione nello spazio  $r$  come convoluzione.

*Antenne.*

- Definizione parametri caratteristici: guadagno, direttività, area equivalente, EIRP, altezza efficace, impedenza di ingresso. Equazione della trasmissione e del radar. Antenne filari, ad apertura e a riflettore.

*Propagazione guidata.*

- Circuiti a parametri distribuiti: modello fenomenologico di linea di trasmissione, equazioni delle linee nel dominio del tempo e della frequenza e loro soluzione; analisi di circuiti; concetto di adattamento a una singola frequenza e a larga banda. Uso della matrice *scattering* per caratterizzare componenti per alte frequenze.
- Analisi di linee nel dominio del tempo: linee dispersive chiuse su carichi adattati. Velocità di gruppo e condizioni di non distorsione. Analisi di distorsione di impulsi a banda stretta; linee non dispersive chiuse su carichi disadattati non dispersivi.
- Linee multifilari: equazioni delle linee multifilari e loro soluzioni in termini modali; risposta nel dominio del tempo e analisi di fenomeni di interferenza e di distorsione di segnali.
- Generalità su guide d'onda: equazioni d'onda; modi TM, TE, TEM, ibridi e loro proprietà; linee modali, costanti di propagazione e impedenze modali, autofunzioni modali. Esempi di guide d'onda per microonde: guida metallica rettangolare e cavo coassiale; microstriscia, *stripline*.
- Guide dielettriche: strutture dielettriche stratificate e guida planare; fibre ottiche, generalità.

## ESERCITAZIONI

Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni in aula ed in laboratorio.  
Sono previste anche alcune esercitazioni di calcolo al LAIB.

## BIBLIOGRAFIA

- R. Graglia, P. Petrini, *Appunti dal corso di campi elettromagnetici*, CELID.  
F. Canavero, I. Montrosset, R. Orta, *Linee di trasmissione*, Levrotto & Bella.  
E. Verduci, *Appunti sull'irradiazione*, CELID.  
G. Franceschetti, *Campi elettromagnetici*, Boringhieri, Torino, 1983.  
P. Savi, G. Vecchi, *Campi elettromagnetici : testi d'esame svolti*, CLUT.

**S/T/U 062 0**

**Chimica**

Anno:periodo 1:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)  
Docente: Mario Vallino (collab.: Roberta Bongiovanni, Monica Ferraris)

[Testo del programma a p. 20 ]

Anno: periodo 4:1

Docente: Monica Visintin

Il corso si propone di fornire allo studente la preparazione di base per quanto riguarda i concetti e le tecniche fondamentali della trasmissione dell'informazione e della struttura delle reti di telecomunicazioni.

I contenuti sono propedeutici ai successivi corsi più specialistici del settore delle telecomunicazioni.

#### REQUISITI

*Teoria dei segnali.*

#### PROGRAMMA

- Richiami sui segnali analitici e involucri complessi.
- Rumore nei canali di telecomunicazione.
- Definizione e calcolo del rapporto segnale - rumore.
- Trasmissione di segnali analogici in banda base.
- Trasmissione di segnali con modulazioni analogiche di ampiezza, fase e frequenza. Struttura dei modulatori, prestazioni in termini di rapporto segnale - rumore e di occupazione di banda.
- Moltiplicazione dei segnali nel dominio della frequenza.
- Trasmissione di segnali analogici per via numerica. Descrizione del sistema PCM. Moltiplicazione dei segnali nel dominio del tempo.
- Trasmissione numerica: elementi di teoria della decisione e struttura del demodulatore ottimo. Probabilità d'errore su bit e simbolo ed occupazione di banda per le modulazioni PAM, ASK, PSK, QAM, FSK.
- Teoria dell'informazione: definizioni di quantità di informazione ed entropia. Codifica di Huffman. Capacità dei canali discreti e del canale AWGN.

#### BIBLIOGRAFIA

S. Benedetto, E. Biglieri, V. Castellani, Digital transmission theory, Prentice-Hall, 1987.

S. Benedetto, E. Biglieri, V. Castellani, Teoria della trasmissione numerica, Jackson, 1990 (trad. italiana del precedente).

A.B. Carlson, Communication systems, McGraw-Hill, 1968.

## T 084 0

## Controlli automatici

Anno: periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3+8 (ore settimanali)  
70+42 (nell'intero periodo)

Docente: Cosimo Greco (collab.: Laura Giarre)

Il corso intende fornire allo studente metodologie e strumenti per l'analisi e il progetto dei processi e dei dispositivi componenti i sistemi di controllo (processo sottoposto al controllo, attuatori, trasduttori, condizionatori di segnale, controllori, disturbi, ecc.). Il corso fa particolare riferimento ai sistemi dinamici continui a un comando e a un'uscita controllati in catena chiusa; ciò è giustificato dal fatto che tali sistemi, anche se più semplici da trattare, sono quelli più diffusi nei vari settori tecnologici.

## REQUISITI

Nozioni propedeutiche utili sono quelle fornite nei corsi di *Fisica, Elettrotecnica, Elettronica, Complementi di matematica, Meccanica razionale*.

## PROGRAMMA

Il corso è concettualmente suddiviso in sei parti: Introduzione, Modellistica, Analisi nei domini del tempo e della frequenza, Specifiche, Progetto, Sistemi a dati campionati.

- *Introduzione al corso* [4 ore]: esempi di sistemi di controllo. Il problema del controllo e sua esistenza. Definizione di controllo automatico; sistemi di controllo in catena aperta e chiusa; dispositivi componenti un sistema di controllo in catena chiusa.
- *Modellistica* [12 ore]: caratterizzazione dei sistemi e dei modelli. Il problema della modellistica e dei modelli approssimati. Sistemi e modelli continui nel dominio del tempo: equazioni differenziali ordinarie, condizioni al contorno, condizioni iniziali. Definizione di stato; rappresentazione in  $vs$ . Uso della trasformata di Laplace nella costruzione di modelli nel dominio della frequenza complessa  $s$ . Modellistica dei sistemi meccanici traslatori, dei sistemi meccanici rotatori, dei sistemi elettromeccanici. Analogie formali tra modelli di sistemi di diversa natura.
- *Analisi nei domini del tempo e della frequenza* [12 ore]: soluzione delle equazioni in  $vs$ ; trasformazioni di similarità sugli stati. Modelli di sistemi lineari: passaggio dal dominio  $t$  al dominio  $s$ ; evoluzione forzata, evoluzione libera; modi propri e modi forzati. Definizione di funzione di trasferimento ( $fdt$ ); invarianza della  $fdt$  a trasformazioni di similarità sugli stati; zeri, poli, guadagno stazionario. Passaggio da  $vs$  a  $fdt$ ; passaggio da  $fdt$  a  $vs$ ; realizzazioni. Definizione di guadagno ad AF,  $K_{inf}$ ; definizione di guadagno stazionario: guadagno stazionario di posizione,  $K_p$ , guadagno di velocità,  $K_v$ , guadagno di accelerazione,  $K_a$ . Introduzione al concetto di stabilità. Criterio di Routh. Linearizzazione. Stabilità locale e stabilità globale (cenni). Controllabilità e raggiungibilità. Controllo in catena chiusa con retroazione proporzionale sugli stati. Risposta in frequenza e diagrammi di Bode. Controllo con retroazione dall'uscita; inseguimento e regolazione.

- *Specifiche* [8 ore]: introduzione generale alle specifiche di controllo. Stabilità in catena chiusa. Luogo delle radici (cenni). Analisi in frequenza: diagramma di Nyquist. Criterio di Nyquist per l'analisi della stabilità in catena chiusa; criterio di Bode. Carta e diagramma di Nichols. Margini di stabilità: margine di fase, margine di guadagno, margine di ritardo, picco di risonanza, smorzamento poli dominanti; cerchi M e cerchi N sul diagramma di Nyquist e sul diagramma di Nichols. Specifiche tecniche di controllo; specifiche di precisione. Relazioni tra specifiche in catena chiusa e specifiche in catena aperta. Specifiche di sensitività; specifiche di attività sul comando; relazioni tra specifiche in catena chiusa nel dominio del tempo e specifiche in catena aperta nel dominio della frequenza.
- *Progetto* [18 ore]: reti di compensazione di tipo derivativo e integrativo a singolarità reali. Cenni sul progetto di retroazione proporzionale dagli stati reali e dagli stati ricostruiti. Progetto di compensatori per *pole-zero placement*.
- *Sistemi a dati campionati* [18 ore]: variabili e sistemi discreti; modelli per sistemi discreti. Stabilità dei sistemi discreti. Campionamento e teorema del campionamento. Equivalente discreto di un sistema continuo campionato. Caratteristiche della risposta in frequenza di un sistema discreto. Problemi numerici. Controllo digitale di un processo continuo. Filtri di compensazione di tipo derivativo e integrativo a singolarità reali. Progetto di retroazione proporzionale dagli stati reali e dagli stati ricostruiti. Progetto di compensatori per *pole-zero placement*. Cenni su identificazione e controllo adattativo.

## ESERCITAZIONI

Esercizi e casi di studio relativi agli argomenti trattati nelle lezioni. Uso del *personal computer* con programmi di progetto assistito.

## LABORATORIO

1. Utilizzo di Matlab per il monitoraggio e il controllo.
2. Analisi di un servomeccanismo di velocità e di posizione: servomotore CC, trasduttori, condizionatori di segnale, azionamento di potenza.
3. Strumentazione di base: alimentatori, generatori, multimetri, oscilloscopi.
4. Acquisizione dati: convertitori A/D e D/A con relativi HW e SW.
5. Realizzazione di un servomeccanismo di velocità mediante l'uso di compensatori digitali.

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

K. Ogata, *Modern control engineering*, Prentice Hall, Englewood Cliffs.

K. Ogata, *Discrete-time control systems*, Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Testi ausiliari:

A. Isidori, *Sistemi di controllo*, Siderea, Roma.

G. Fiorio, *Controlli automatici*, CLUT, Torino.

C. Bonivento, C. Melchiorri, R. Zanasi, *Sistemi di controllo digitale*, Progetto Leonardo Ed. Esculapio, Bologna.

## ESAME

Sviluppo e presentazione di tre tesine (\*) + compito scritto (4 ore) + discussione orale. Le tesine si devono consegnare entro fine luglio dell'AA corrente, ma hanno validità "perpetua".

(\*) Il lavoro consiste nell'analisi di un sistema dato e nel progetto del relativo sistema di controllo. Delle tre tesine una è obbligatoriamente di tipo sperimentale e le attività relative sono svolte presso il LADISPE. I sistemi oggetto dello studio variano di anno in anno; nell'AA 1994/95, per esempio, sono stati proposti: un levitatore magnetico, un sistema carrello - pendolo inverso, un servomeccanismo di velocità con motore CC.

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3+2 (ore settimanali)

Docente: Giovanni Ghione (collab.: Marco Pirola, Michele Goano)

Il corso introduce i fondamenti dei dispositivi a semiconduttore. Dopo una introduzione sulla meccanica quantistica e la fisica dello stato solido, sono discussi la fisica e la tecnologia dei principali componenti allo stato solido: diodi  $pn$ , diodi metallo-semiconduttore, transistori a effetto di campo (JFET, MOSFET), transistori bipolari. Una parte del corso è dedicata alla tecnologia dei componenti discreti e dei circuiti integrati. Le esercitazioni di laboratorio riguardano l'uso dei modelli di dispositivi implementati nel programma PSPICE.

#### REQUISITI

*Elettrotecnica. Fisica 1 e 2. Analisi 1 e 2. Geometria.*

#### PROGRAMMA

- Campi, cariche, forze. Il campo elettromagnetico e le equazioni di Maxwell. Relazioni costitutive. Carica, forza, energia potenziale, potenziale. L'approssimazione quasi-statica e l'equazione di Poisson. Cariche e campi quasi-statici in una dimensione.
- Principi elementari di meccanica quantistica. Il dualismo onda - particella e l'equazione di Schrödinger. Il principio di indeterminazione. La discretizzazione dei livelli di energia. La quantizzazione della energia elettromagnetica. Il principio di esclusione. Buca di energia potenziale. Effetto *tunnel*. Moto in un potenziale periodico.
- Atomi, solidi, semiconduttori, metalli. L'atomo e il reticolo cristallino. Solidi, isolanti, metalli, semiconduttori. Struttura a bande dei semiconduttori. Semiconduttori intrinseci e estrinseci (drogati). Semiconduttori in equilibrio termodinamico. Semiconduttori intrinseci,  $n$  e  $p$ . Metalli in equilibrio termodinamico. Superfici di semiconduttori e metalli. Crescita di semiconduttore monocristallino. Crescita epitassiale.
- Trasporto e generazione-ricombinazione nei semiconduttori. Semiconduttori in equilibrio e fuori equilibrio. Fenomeni di trasporto. Deriva: trasporto in basso campo e in alto campo. Diffusione. La relazione di Einstein. Fenomeni di ricombinazione e generazione: G-R banda - banda termica, G-R banda - banda radiativa. G-R indiretta termica (SRH). Cenni alla G-R banda - banda Auger e generazione a valanga. Generazione e ricombinazione superficiali.
- Il modello di deriva-diffusione. Condizioni al contorno. Il modello di deriva-diffusione in equilibrio termodinamico. Quasi-livelli di Fermi. Diagrammi a bande. Applicazioni del modello di deriva-diffusione: corrente di trascinamento in zona neutrale; decadimento di concentrazioni in eccesso di portatori; piccoli scostamenti dalla neutralità. Costruzione di diagrammi a bande.
- La giunzione  $pn$ . Diagramma a bande in equilibrio, polarizzazione diretta e inversa. Tecnologia del diodo  $pn$ : processi di drogaggio. Diffusione. Impiantazione ionica.

- Ossidazione e attacco chimico. Caratteristica statica della giunzione  $pn$ : teoria di Shockley. Effetti di generazione–ricombinazione. Elettrostatica della giunzione  $pn$ . Comportamento del diodo a polarizzazione inversa elevata. Cariche e capacità nella giunzione  $pn$ . Circuito equivalente statico, di piccolo e di ampio segnale. Il modello di ampio segnale a controllo di carica. Comportamento dinamico del diodo  $pn$ .
- La giunzione metallo–semiconduttore (MS). Giunzioni rettificanti e ohmiche. Caratteristiche dei diodi Schottky. Capacità della giunzione Schottky. Misure CV di profilo. Deposizione di strati metallici: evaporazione e *sputtering*. Deposizione chimica da fase vapore. Deposizione di silicio policristallino e siliciuri. Elettromigrazione. Deposizione di strati dielettrici. Deposizione attraverso centrifugazione.
  - I transistori a effetto di campo. Il transistorore come amplificatore e interruttore. Caratteristiche statiche del FET a giunzione per dispositivi ideali e reali. Comportamento dinamico del FET a giunzione. Comportamento in frequenza. Il MESFET. Teoria generale semplificata dei FET; il modello quadratico.
  - I transistori metallo–ossido–semiconduttore (MOSFET). Il sistema MOS. Caratteristica CV di sistema MOS. Il MOSFET. Caratteristiche statiche del MOSFET. Comportamento dinamico del MOSFET. Comportamento in commutazione. Famiglie di MOSFET.
  - I transistori bipolari. Il transistorore bipolare in regione attiva diretta. Valutazione delle correnti di collettore e emettitore. Corrente di base. Parametri caratteristici in zona attiva diretta. Dimensionamento della giunzione base–collettore. Effetto Early. Effetti di basso e alto livello di iniezione. Tecnologia del transistorore bipolare. I modelli di Ebers–Moll. Polarizzazione del BJT. Modelli di piccolo segnale del BJT. Modello di ampio segnale del BJT. Il transistorore in commutazione.
  - Tecnologia dei componenti discreti: resistore, condensatore, induttore. I circuiti ibridi. Ibridi a *film* sottile. Ibridi a *film* spesso. I circuiti integrati. Integrazione su vasta scala. Integrati MOS, bipolari, BICMOS. Circuiti integrati per le microonde.

## ESERCITAZIONI

Per ogni gruppo di lezioni sono previste 2-4 ore di esercitazioni in aula aventi lo scopo di presentare e sviluppare esercizi di carattere teorico e numerico sugli argomenti in oggetto.

## LABORATORIO

1. Vengono svolti laboratori aventi come oggetto l'analisi del programma PSPICE e l'uso dei modelli di dispositivi in esso implementati. Gli argomenti di massima sono:
2. Richiami su simulazioni statiche, di piccolo segnale e dinamiche con PSPICE.
3. Modelli di diodi  $pn$ .
4. Modelli di FET a giunzione.
5. Modelli di MOSFET.
6. Modelli di transistori bipolari.

## BIBLIOGRAFIA

Il corso è coperto da un testo di dispense preparato dal docente e disponibile attualmente sotto forma di fotocopie. Per quanto riguarda le esercitazioni PSPICE queste sono coperte da materiale distribuito durante l'anno.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

S.E. Sze, *Dispositivi a semiconduttore : fisica e tecnologia*, Hoepli.

B.G. Streetman, *Solid-state electronic devices*, Prentice Hall.

W. Scot Ruska, *Microelectronic processing*, McGraw-Hill.

## ESAME

L'esame consiste in una prova scritta e/o in una prova orale. Durante il corso sono proposti tre accertamenti riguardanti le tre parti del corso (fino alla giunzione *pn* esclusa; fino ai FET inclusi; MOSFET, bipolari e tecnologia dei circuiti integrati) che si svolgono di regola alla fine di aprile, maggio e giugno. Gli accertamenti sono composti da 5-6 esercizi ciascuno, eventualmente completati da *test* di teoria. Gli esercizi proposti sono varianti di un insieme di circa 60 esercizi proposti durante il corso dell'anno e distribuiti sotto forma di fotocopie. Il superamento delle tre prove scritte esonera dall'esame.

**T/U 153 0****Economia ed organizzazione  
aziendale**

Anno: periodo 5:2

Docente: Luigi Buzzacchi

Finalità del corso è fornire agli allievi sia le nozioni di base che consentano d'inquadrare l'impresa nel contesto economico in cui opera, sia gli strumenti per la sua valutazione sotto il profilo economico-finanziario ed organizzativo.

**PROGRAMMA**

- Prodotto interno lordo e reddito nazionale. [4 ore]
- Prezzi flessibili e fissi. [4 ore]
- Modelli di mercato (libera concorrenza, monopolio, oligopolio, concorrenza monopolistica). [8 ore]
- Proprietà (la struttura societaria e i gruppi d'impresе). [4 ore]
- Struttura organizzativa, sistema informativo e processo decisionale. [4 ore]
- Bilancio delle imprese industriali. [12 ore]
- Analisi degli investimenti. [12 ore]

**ESERCITAZIONI**

1. Costi aziendali, centri di costo e di profitto. [8 ore]
2. Contabilità analitica. [8 ore]
3. Analisi dell'evoluzione organizzativa e studio di casi. [16 ore]
4. Analisi di bilanci aziendali. [12 ore]
5. Analisi di piani d'investimento. [4 ore]

**BIBLIOGRAFIA**

M. Calderini, E. Paolucci, T. Valletti, *Economia ed organizzazione aziendale*, UTET, 1994.

Cooper & Lybrand, (a cura di R. Caramel), *Il bilancio delle imprese*, Il Sole 24 Ore Libri, 1993.

C.T. Horngren, G.Foster, *Cost accounting*, Prentice-Hall, 1993.

Anno: periodo 3:2

Docente: Vincenzo Pozzolo

Il corso si prefigge di ampliare la formazione dello studente per quanto riguarda l'elettronica circuitale, sia nel campo analogico che logico. Viene posta particolare enfasi alla parte di metodologia di progetto di circuiti evidenziando le varie fasi che permettono di passare dalle specifiche di un circuito alla sua realizzazione reale. Sono previste verifiche sia su calcolatore (PSPICE) che in laboratorio.

#### REQUISITI

Per una proficua frequenza gli studenti devono aver seguito con impegno i corsi di *Teoria dei circuiti elettronici*, *Dispositivi elettronici* ed *Elettrotecnica*.

#### PROGRAMMA

##### *Circuiti digitali.*

- Definizione di porta logica e parametri caratteristiche (livelli, soglie, transcaratteristica, ritardi, caratteristiche di ingresso e di uscita, prodotto velocità - potenza, immunità a disturbi). Circuiti elementari di porte logiche (bipolari saturate e non, CMOS). *Flip-flop* e circuiti di memoria. Logiche programmabili.

##### *Circuiti analogici.*

- Amplificatori operazionali non ideali (*offset*, *derive*, *slew-rate*, dinamica). Circuiti elementari di amplificatori (specchi di corrente, differenziale, riferimenti di tensione). Tecniche di realizzazione di amplificatori operazionali bipolari e MOS. Circuiti speciali con operazionali. Uso dell'operazione fuori linearità. Generatori di forme d'onda non sinusoidali. Amplificatori di potenza, SOA, resistenza termiche e dissipatori. Alimentatori lineari e a commutazione.

##### *Elettronica di interfaccia.*

- Circuiti di acquisizione dati. Condizionamento di segnale, *multiplexer*, *sample and hold*. Convertitori A/D e D/A.

#### BIBLIOGRAFIA

S. Franco, *Design with operational amplifiers and analog integrated circuits*, McGraw-Hill, New York, 1988.

Millman, Grabel, *Microelectronics*, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1987.

V. Pozzolo, *Caratteristiche di componenti elettronici*, CELID, Torino.

Indicazioni bibliografiche di articoli e testi di consultazione verranno fornite durante il corso.

**T 179 0****Elettrotecnica**

Anno: periodo 2:1 Lezioni, esercitazioni: 6+4 (ore settimanali) Laboratori: 10 (durante tutto il corso)

Docente: Flavio Canavero (collab. Stefano Grivet Talocia)

Il corso intende fornire le metodologie per l'analisi lineare (anche automatica) dei circuiti elettrici, nonché i concetti di elettromagnetismo quasi stazionario applicati alla modellizzazione circuitale.

Lo studente, durante il corso, dovrebbe acquisire l'abilità a risolvere manualmente i circuiti semplici, ad affrontare i circuiti più complessi con l'ausilio di un simulatore circuitale e a valutare i parametri del modello elettrico di elementi circuitali semplici.

Il metodo didattico privilegia l'induzione e l'utilizzazione di esempi: lo sviluppo di ogni argomento integra la trattazione con diversi esercizi, anche di calcolo, sui quali è sollecitato l'impegno attivo dell'allievo.

**REQUISITI**

*Analisi Matematica I e II, Fisica*

**PROGRAMMA**

- Definizioni e leggi fondamentali: tensione, corrente, potenza, energia, leggi di Kirchhoff.
- Modelli di bipoli ideali: generatori indipendenti e pilotati, resistori, operazionale, diodo.
- Metodi elementari di analisi di reti resistive: partitori, sovrapposizione effetti, teoremi di Millmann, Thévenin, Norton.
- Metodi automatici di analisi: cenni sui grafi, metodi di nodi e delle maglie, teorema di Tellegen.
- Analisi dinamica delle reti: risposta di reti del primo e secondo ordine, variabili di stato.
- Analisi simbolica delle reti: applicazione della trasformata di Laplace allo studio di transitori nei circuiti, funzioni di rete e loro proprietà.
- Reti in regime sinusoidale: analisi con fasori, potenza complessa, adattamento.
- Sistemi trifase: analisi dei sistemi bilanciati, cenni sui sistemi squilibrati, rifasamento.
- Doppie bipoli: caratterizzazione matriciale, connessioni, reciprocità.
- Cenni sul funzionamento delle macchine elettriche: trasformatore, motore in corrente continua, motore in corrente alternata.

**ESERCITAZIONI**

Svolgimento di esercizi letterali e numerici per ogni argomento sviluppato a lezione. Durante le esercitazioni è sollecitato l'impegno attivo dell'allievo.

LABORATORIO (assistito)

Introduzione all'uso del programma SPICE: analisi DC, AC e transitoria

#### BIBLIOGRAFIA

C.A. Desoer, E.S. Kuh, Basic circuit theory, McGraw-Hill, 1969, oppure l'edizione italiana: Fondamenti di teoria dei circuiti, Angeli, Milano, 1981.

C.R. Paul, Analysis of linear circuits, McGraw-Hill, 1989.

A. Laurentini, A.R. Meo, Esercizi di elettrotecnica, Levrotto & Bella, Torino, 1975.

M. Biey, Esercitazioni di elettrotecnica, CLUT, Torino, 1988.

#### ESAME

Accertamento scritto e orale; per gli studenti in corso, l'accertamento scritto può consistere di tre esoneri durante il corso.

**S/T/U 190 1****Fisica 1**

Anno:periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2+6 (ore settimanali)

Docente: *da nominare*

*[Testo del programma a p.29 ]*

**S/T/U 190 2****Fisica 2**

Anno:periodo 2:1

Docente: Michelangelo Agnello

*[Testo del programma a p. 32]*

Anno: periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4+4 (ore settimanali)

Docente: Luigi Ciminiera (collab.: Elena Baralis)

Il corso intende fornire agli allievi i fondamenti dell'informatica sia sotto l'aspetto dello *hardware* che del *software*. Particolare importanza viene data ai principi della programmazione mediante l'uso di linguaggi evoluti quali il C. Vengono inoltre fornite nozioni introduttive sulla struttura degli elaboratori e sulla rappresentazione delle informazioni al loro interno. Vengono inoltre illustrate le strutture dati fondamentali ed alcuni algoritmi basilari per la soluzione di alcuni fra i problemi più comuni.

#### PROGRAMMA

- Cenni sulla struttura interna e sul funzionamento di un sistema di elaborazione.
- Cenni sulle caratteristiche generali del *software* di base.
- Programmazione strutturata e diagrammi di flusso.
- Il linguaggio C.
- Strutture dati dinamiche: liste ed alberi binari.
- Algoritmi di ordinamento.
- Tecniche di rappresentazione dei numeri utilizzate nei sistemi di elaborazione.
- Fondamenti dell'algebra di Boole.

#### ESERCITAZIONI

1. Esempi ed esercizi su diagrammi di flusso e linguaggio C.
2. Esercizi sull'aritmetica binaria.
3. Esercizi sull'algebra di Boole.

#### LABORATORIO

1. Il sistema operativo MS-DOS. [4 ore]
2. Sviluppo di programmi in C. [per le restanti ore]

#### BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

P. Demichelis e E. Piccolo, *Introduzione all'informatica*, McGraw-Hill.

Testi ausiliari:

A.M. Tanenbaum, Y. Langsam e M.J. Augestein, *Data structures using C*, Prentice-Hall.

Kernigham e Ritchie, *Il linguaggio C*, (2. ed.), Jackson.

#### ESAME

L' esame consiste in una prova scritta suddivisa in due parti:

La prima parte (1 ora) verte sugli argomenti trattati nel corso delle lezioni; durante questa prima parte non è possibile consultare nessun testo.

La seconda parte (2 ore) consiste nello scrivere un programma in C assegnato; durante lo svolgimento della seconda prova è possibile consultare qualsiasi tipo di testo.

Alcuni giorni dopo lo svolgimento della prova scritta, avverrà un colloquio sulla prova di programmazione, in cui lo studente dovrà presentarsi con un listato del programma assegnato funzionante.

**S/T/U 230 0**

**Geometria**

Anno: periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Giulio Tedeschi (collab.: Maria Luisa Spreafico)

*[Testo del programma a p. 37 ]*

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2 (ore settimanali)

Docente: Vittorio Marchis (collab.: Stefano Mauro)

Il corso si sviluppa in due parti, *cinematica* (studio del moto in sé) e *dinamica* (studio del moto come effetto delle forze che lo causano) ed ha essenzialmente lo scopo di presentare la meccanica come disciplina analitica. Della meccanica si vogliono innanzitutto presentare sia il linguaggio, sia la struttura dei modelli funzionali.

#### REQUISITI

*Analisi 1 e 2, Fisica 1.*

#### PROGRAMMA

*Introduzione al corso.*

*Cinematica.*

- La cinematica del punto. I moti relativi. La cinematica del corpo rigido nel piano. La composizione delle velocità e delle accelerazioni. I sistemi articolati nel piano. I vincoli nei sistemi meccanici. Polari e profili coniugati. Camme e ruote dentate.

*Dinamica.*

- La dinamica dei sistemi puntiformi. La geometria delle masse. Le forze nei sistemi meccanici. I fenomeni dissipativi. Lavoro e energia. I sistemi elastici. L'attrito. Il cuneo. Dinamica del cilindro sul piano. La quantità di moto, il momento della quantità di moto e relativi teoremi. I fenomeni dissipativi. I fenomeni d'urto. Freni e frizioni. Le forze nei ruotismi. L'accoppiamento dei sistemi meccanici. La dinamica dei sistemi a un grado di libertà. Frequenze proprie e frequenze di risonanza. Cenni sulla dinamica dei sistemi a fluido.

#### ESERCITAZIONI

Cinematica del punto. Cinematica del corpo rigido. Cinematica dei sistemi articolati. Causalità nella meccanica. Attrito e dispazioni. Ruote dentate e rotismi. Rotismi ordinari ed epicicloidali. Urto e problemi energetici. Freni ed innesti. Oscillazioni libere. Oscillazioni forzate. Approfondimenti ed esercizi di ricapitolazione

#### BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

C. Ferraresi e T. Raparelli, *Appunti di meccanica applicata*, CLUT, Torino, 1992.

M. Cavalotto, F. Vinardi, *I sistemi meccanici: modelli e analisi funzionale*, CLUT, Torino, 1990.

V. Marchis, *Modelli*, SEI, Torino, 1988.

A. Manuello Bertetto, V. Marchis, A. Vigliani, *Tre principi della dinamica*, CELID, Torino 1996

A. Manuello Bertetto, A. Vigliani, *Centouno esercizi di meccanica*, CELID, Torino 1996

Testi ausiliari:

G. Jacazio e B. Piombo, *Meccanica applicata alle macchine. Vol. 1., Principi generali di meccanica*, Levrotto & Bella, Torino, 1991.

G. Jacazio e B. Piombo, *Meccanica applicata alle macchine. Vol. 2., La trasmissione del moto*, Levrotto & Bella, Torino, 1992.

J.L. Merian, L.G. Kraige, *Engineering mechanics. Vol. 1, Statics*, Wiley, New York, 1987.

J.L. Merian, L.G. Kraige, *Engineering mechanics. Vol. 2, Dynamics*, Wiley, New York, 1987.

#### ESAME

Al termine del corso viene data la possibilità di sostenere l'esame con il superamento di una prova scritta teorico-pratica (esonero totale). L'accettazione del voto (che rimane valido per il solo appello di giugno-luglio dell'anno corrente) esonera dal sostenere la prova d'esame scritta e orale. Ogni studente in ogni modo mantiene il diritto di integrare con una prova di esame orale il voto ottenuto con l'esonero.

Negli altri appelli ordinari l'esame si svolge con una prova scritta consistente nella risoluzione di un problema numerico, seguita da una prova orale.

**T 367 0****Misure elettroniche**

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6++4 (ore settimanali)

Docente: Franco Ferraris (collab.: Marco Parvis)

Il corso si propone di illustrare innanzi tutto i principi di funzionamento e di uso dei sistemi di misura più diffusi nelle varie aree dell'ingegneria elettronica e di presentare le specifiche disposizioni circuitali usate per la misura di alcune grandezze elettriche.

Nella seconda parte del corso saranno sviluppati i metodi e la strumentazione orientati alle misure ed al collaudo di dispositivi e componenti usati nell'industria elettronica.

**REQUISITI**

*Fisica, Elettrotecnica, Elettronica.*

**PROGRAMMA**

- Il procedimento conoscitivo sperimentale. La teoria della misurazione. La teoria rappresentazionale. Incertezze. Modello deterministico. Modello probabilistico. Le misurazioni dirette. Le misurazioni indirette. Esempi di calcolo delle incertezze. [10 ore]
- Caratterizzazione metrologica di un dispositivo. Il Sistema SI. I campioni. Diagramma di produzione di una misurazione. Gli scambi di energia. [8 ore]
- L'oscilloscopio: TRC. Canale verticale. Canale orizzontale. Generatore base tempi. Doppia base tempi. Doppia traccia. Le sonde. Oscilloscopio a memoria. Oscilloscopio a campionamento. Oscilloscopio a memoria digitale. [12 ore]
- Strumenti elettromeccanici. Strumenti analogici per *c.c.* Voltmetri analogici per *c.a.*: a valor medio, di cresta, a vero e quasi vero valore efficace. Misure di corrente. Sonda di corrente. [10 ore]
- Convertitori D / A. Voltmetri digitali: a potenziometro, a rampa, ad approssimazioni successive, ad inseguimento, parallelo, a rampa semplice, a rampa doppia. [10 ore]
- I metodi di zero. Ponte di Wheatstone. Varianti del ponte di Wheatstone. Il potenziometro. Ponti in alternata. [10 ore]
- Metodi di risonanza per misure di impedenza: il Q-metro. Misure di impedenza. Generatori di segnale. [6 ore]
- Misure di fase. Misure di frequenza. [6 ore]
- Nozioni di antiinfortunistica. [2 ore]

**ESERCITAZIONI**

Esempi di calcolo delle incertezze. [4 ore]

**LABORATORIO**

Le esercitazioni sperimentali di laboratorio, svolte da studenti divisi in gruppi, hanno lo scopo di far acquisire familiarità con gli strumenti ed i metodi di misura delle grandezze elettriche.

Esercitazioni sperimentali della durata di 4 ore ciascuna, precedute da 2 ore in aula di illustrazione dell'esercitazione. Gli allievi sono suddivisi in gruppi di tre-cinque persone per tavolo. Le squadre sono composte da cinque gruppi (circa venti allievi ciascuna).

1. Voltamperometrica in *c.c.*
2. Uso dell'oscilloscopio, prima e seconda parte.
3. Confronto delle prestazioni di voltmetri in *a.c.*
4. Ponte di Wheatstone.
5. Uso di un sistema per l'acquisizione automatica dei dati.

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Copie delle trasparenze presentate a lezione.

G. Zingales, *Misure elettriche : metodi e strumenti*, UTET, Torino, 1992.

E. Rubiola, *Laboratorio di misure elettroniche*, CLUT, Torino, 1993.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

A. De Marchi, L. Lo Presti, *Incertezze di misura*, CLUT, Torino, 1993.

E. Arri, S. Sartori, *Le misure di grandezze fisiche*, Paravia, Torino, 1984.

C. Offelli, *Strumentazione elettronica*, Libr. Progetto, Padova, 1991.

G. Costanzini, U. Garnelli, *Strumentazione e misure elettroniche*, Zanichelli, Bologna.

## ESAME

Orale. L'esame verterà su quanto illustrato a lezione, su esercizi di stima di incertezze, su una discussione sulle modalità di svolgimento e sui risultati ottenuti nelle esercitazioni sperimentali.

Anno: periodo 4:2

Docente: Luigi Gilli

Il corso si propone di illustrare le problematiche relative al progetto di circuiti logici e di semplici sistemi di elaborazione. Il corso è integrato da esercitazioni pratiche durante le quali lo studente può apprendere l'uso di strumenti di verifica di progetto, ormai di uso corrente nei sistemi di ausilio alla progettazione elettronica (CAE). Sono anche previste esercitazioni sull'uso di linguaggi descrittivi del tipo VHDL.

#### PROGRAMMA

- *Richiami di algebra booleana*. Funzioni booleane e loro minimizzazione.
- *Reti combinatorie*: analisi di reti combinatorie; comportamento dinamico delle reti combinatorie. Sintesi delle reti combinatorie.
- *Reti sequenziali*: analisi delle reti sequenziali; reti asincrone e sincrone; comportamento dinamico delle reti sequenziali; sintesi delle reti asincrone; sintesi delle reti sincrone, con particolare riferimento alle reti sincronizzate.
- *Collaudo e diagnostica delle reti logiche*: problematiche generali del collaudo; modelli di guasto; generazione delle prove di collaudo per le reti combinatorie; estensione al caso delle reti sequenziali asincrone; la diagnostica e il progetto per la collaudabilità; la simulazione e la simulazione dei guasti; le macchine di collaudo.
- *Progetto formale di sistemi di elaborazione*: organizzazione generale di un sistema di elaborazione; l'unità operativa l'unità di controllo, l'unità di ingresso-uscita; l'unità dei registri e la memoria centrale; esempio di progetto di un piccolo elaboratore.
- *Sistemi a microprocessore*: struttura generale dei sistemi a 8 bit. Il microprocessore Intel 8085, schema a blocchi, modalità di funzionamento, set di istruzioni, temporizzazione. Descrizione delle interfacce periferiche 8251-53-55-57-59.

#### ESERCITAZIONI

Analisi e sintesi di circuiti combinatori. Analisi e sintesi di circuiti sequenziali. Progetto formale, linguaggi di descrizione e simulazione. Generazione di prove di collaudo per semplici reti logiche. Progetto di piccoli sistemi a microprocessore e stesura dei relativi programmi *assembler*.

#### BIBLIOGRAFIA

L. Gilli, *Elementi di reti logiche. 1., Reti combinatorie*, CUSL.

L. Gilli, *Elementi di reti logiche. 2., Reti sequenziali*, CUSL.

L. Gilli, *Collaudo e diagnostica dei circuiti digitali*, CUSL.

L. Gilli, *Progetto formale di sistemi di elaborazione, sistema a microprocessore 8085*, CUSL.

#### ESAME

Scritto e orale

**T 501 1****Sistemi informativi 1**

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+3+4 (ore settimanali)

Docente: Silvano Rivoira (collab.: Elena Baralis)

Il corso ha lo scopo di illustrare alcuni aspetti architetture dei sistemi di elaborazione (quali le strutture interne di un calcolatore e le modalità di connessione di più calcolatori), nonché di approfondire lo studio delle metodologie di programmazione, delle strutture dati e degli algoritmi fondamentali.

**PROGRAMMA**

*Strutture dati e algoritmi fondamentali* [32 ore]:

- Linguaggio C e metodologia di sviluppo per raffinamenti successivi [8 ore].
- Sviluppo di algoritmi iterativi e ricorsivi operanti su dati non strutturati: massimo comune divisore, potenza, fattoriale, numeri di Fibonacci, torri di Hanoi. [4 ore]
- Sviluppo di algoritmi operanti su strutture dati statiche: ordinamento interno (inserimento, selezione, scambio, *quicksort*); ricerca binaria e *hash*. [4 ore]
- Sviluppo di algoritmi operanti su strutture dati dinamiche: liste (*stack*, code, liste generalizzate); alberi (costruzione, visita, ricerca); grafi (visita in ampiezza e profondità, percorso minimo, *minimum spanning tree*). [16 ore]

*Architettura dei sistemi a microprocessore* [20 ore]:

- Architettura interna di microprocessori INTEL [10 ore].
- Linguaggio macchina dei microprocessori INTEL 8086/88 [7 ore].
- Ambienti di sviluppo in linguaggio *assembler* [3 ore].

*Reti di calcolatori e protocolli di comunicazione* [14 ore]:

- Reti di trasmissione e modello ISO/OSI [6 ore].
- Reti locali [5 ore].
- Protocolli *data link* [3 ore].

**ESERCITAZIONI**

1. Fondamenti del sistema operativo Unix [8 ore].
2. Costrutti fondamentali del linguaggio C [4 ore].
3. Algoritmi di ordinamento in linguaggio C [6 ore].
4. Realizzazione e uso di strutture dati in linguaggio C:
  - liste [6 ore]
  - alberi [6 ore]
  - grafi [6 ore]
  - comunicazione tra programmi scritti in linguaggio C e programmi scritti in linguaggio *assembler* [4 ore].

**LABORATORIO**

Realizzazione su *workstations* in ambiente Unix di programmi in linguaggio C relativi agli argomenti trattati nelle esercitazioni [40 ore].

## BIBLIOGRAFIA

B.W. Kernighan, D.M. Ritchie, *Linguaggio C*, Jackson, 1989.

A.M. Tenenbaum, Y. Langsam, M.J. Augenstein, *Data structures using C*, Prentice Hall, 1990.

C. Morgan, M. Waite, *Il manuale 8086/8088*, McGraw-Hill, 1987.

J. Walrand, *Communication networks : a first course*, Aksen, 1991.

## ESAME

L'esame si compone di due prove scritte e di una verifica.

La prima prova scritta verte sul programma delle lezioni, ha la durata di un'ora, può essere sostenuta una sola volta per sessione, ed è valida per un anno solare. Non è ammessa la consultazione di nessun tipo di documento.

La seconda prova scritta verte sui contenuti delle esercitazioni e del laboratorio, consiste nello sviluppo di un programma, ha la durata di due ore e può essere ripetuta ad ogni appello. È possibile consultare libri ed appunti.

La prova di verifica consiste nel confronto tra un elaborato consegnato al termine della seconda prova scritta ed un corrispondente programma eseguibile sviluppato successivamente dal candidato. Questa prova può essere sostenuta nello stesso appello o in un appello successivo a quello della seconda prova nell'arco di un anno solare.

Il voto finale è il risultato della media aritmetica dei voti ottenuti nella prima prova scritta e nella prova di verifica.

Anno: periodo 3:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4+2 (ore settimanali)

Docente: Franco Mussino (collab.: Marco Pirola)

Il corso sviluppa la teoria dei circuiti elettronici analogici da utilizzare nei successivi corsi applicativi. Partendo dal modello dei dispositivi elettronici allo stato solido (diodi, transistori BJT e FET) viene sviluppata l'analisi e la progettazione di circuiti elettronici analogici elementari e complessi, fino all'esame della stabilità di sistemi elettronici controeazionati ed ai criteri di stabilizzazione. Viene sviluppato anche lo studio degli oscillatori e degli amplificatori di potenza. L'ultima parte del corso è dedicata ai metodi di sintesi di bipoli e di filtri passivi ed attivi.

### REQUISITI

*Elettrotecnica, Dispositivi elettronici.*

### PROGRAMMA

- *La giunzione p-n*: richiami riguardanti la caratteristica del diodo; modelli del diodo; il diodo Zener; esame di semplici circuiti limitatori, sfioratori e raddrizzatori.
- *Il transistoro bipolare BJT (npn e pnp)*: richiami sul principio di funzionamento; modello di Ebers-Moll; caratteristiche a base comune ed emettitore comune; valori limite per l'uso come amplificatore. Determinazione del punto di funzionamento del transistoro BJT sulle caratteristiche e sua scelta in base al tipo di accoppiamento al carico. Circuito equivalente in continua. Circuiti di autopolarizzazione e con specchio di corrente (Widlar, Wilson, ecc.). Comportamento del transistoro BJT in condizioni dinamiche; modello per piccoli segnali; parametri  $h$  e circuito equivalente a *pi-greco*, con deduzione del valore dei parametri dalle caratteristiche.
- *Il transistoro JFET*: richiami sul principio di funzionamento e caratteristiche. Calcolo del punto di funzionamento sulle caratteristiche. Circuito equivalente per il piccolo segnale e determinazione del valore dei parametri.
- *Stabilità termica dei circuiti con transistori BJT*: fuga termica; criteri per la stabilizzazione ed il calcolo del dissipatore termico. Analogia elettrotermica.
- *Calcolo delle amplificazioni e delle impedenze d'entrata e d'uscita* di singoli stadi con transistori BJT e JFET, nelle varie possibili configurazioni. L'amplificatore differenziale con transistori BJT e JFET. L'amplificatore operazionale: comportamento ideale e reale.
- *Studio della risposta in frequenza* di amplificatori monostadio e multistadio; espressioni analitiche e tracciamento dei diagrammi di Bode (modulo e fase). Risposta all'onda quadra e legami con la risposta in frequenza.
- *Sistemi con reazione*. Esame delle situazioni tipiche per il prelievo e l'iniezione dei segnali; esame dei principali vantaggi e dei criteri di stabilità: metodi di compensazione in caso di instabilità. Risposta in frequenza e nel tempo dei sistemi di secondo ordine. Gli oscillatori: criteri di Barkausen ed esame dei principali tipi di oscillatori sinusoidali.

- *Amplificatori di potenza* in classe A e B: calcolo del rendimento e delle potenze dissipate dai transistori. Dimensionamento dei dissipatori.
- *Sintesi di reti passive ed attive*. Condizioni di attuabilità dei bipoli passivi LC e RC: sintesi con i metodi canonici di Foster e Cauer. Filtri: criteri di approssimazione con Butterworth e Chebyshev; sintesi con le tabelle. La trasformazione di frequenza: da passa-basso a passa-alto, a passa-banda ed elimina-banda. Filtri RC attivi realizzati con metodi vari: simulazione di immettenze con GIC, trasformazione di Bruton, inserzione di GIC, celle di secondo (e terzo) ordine in cascata.

## ESERCITAZIONI

1. Richiami di elettrotecnica e calcolo di impedenze e di funzioni di trasferimento di reti elettriche semplici; metodo dei nodi ed applicazioni. Calcolo del punto di funzionamento di circuito con diodo e comportamento dinamico.
2. Calcolo del punto di funzionamento a riposo di circuiti con uno o più transistori BJT e JFET. Calcolo dei coefficienti di stabilità per le variazioni termiche.
3. Calcolo dell'amplificazione e delle impedenze relative a circuiti con uno o più transistori BJT e FET. Amplificatore *cascode*.
4. Calcolo della risposta in frequenza di transistori BJT in configurazione CE e CC. Risposta di transistori JFET.
5. Risposta all'onda quadra di circuiti RC. Risposta di amplificatore con transistore BJT con gruppo RC sull'emettitore. Frequenza di taglio superiore di amplificatori con uno o più transistori con metodi vari (nodi, DPI, Miller).
6. Calcolo della risposta in frequenza e dell'errore di amplificazione di circuiti con amplificatori operazionali (OA). *Off-set* e reiezione di modo comune di amplificatori operazionali.
7. Calcolo dell'amplificazione e dell'impedenza d'entrata e d'uscita di circuiti controreazionati con metodi vari (nodi, DPI, A e, B). Esame della stabilità di amplificatore controreazionato e stabilizzazione con criterio del polo dominante. Risposta di sistema del secondo ordine.
8. Calcolo di progetto di amplificatore di potenza in classe B. Calcolo di dissipatori di potenza.
9. Sintesi di bipoli LC e RC con i metodi di Foster e di Cauer. Progetto di filtri passivi con approssimazione di Butterworth e Chebyshev mediante tabelle. Trasformazione di frequenza: da passa-basso a passa-banda e passa-alto. Progetto di filtri attivi con l'introduzione di GIC. Progetto di filtri attivi con celle biquadratiche in cascata.

## LABORATORIO

1. Introduzione all'uso dei simulatori di circuiti elettronici (SPICE e PSPICE)
2. Esercizi con circuiti vari per la verifica dei calcoli eseguiti a mano.
3. Tracciamento della risposta in frequenza e del comportamento dinamico.

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Millman e Grabel, *Microelectronics*, 2nd ed., McGraw-Hill (esiste la traduzione in italiano).

Testi ausiliari, per approfondimenti:

Sedra, Smith, *Circuiti per la microelettronica*, Ed. Ingegneria 2000.

E. Perano, *Il transistor : applicazioni lineari*, CLU.

A. Lacaïta, M. Sampietro, *Circuiti elettronici*, Città Studi.

S. Franco, *Amplificatori operazionali e circuiti integrati analogici*, Hoepli.

M. Biey, *SPICE e PSPICE : introduzione all'uso*, CLUT.

Savant, Roden, Carpenter, *Electronic design, circuits and systems*, 2nd ed., Benjamin-Cummings.

V. Pozzolo, *Caratteristiche di componenti elettronici*, CELID, Torino.

ESAME

Prova scritta (3 ore) ed orale.

Anno: periodo 3:1

Docente: Fabio Neri (collab.: Andrea Fumagalli)

Questo insegnamento si propone di fornire gli strumenti metodologici fondamentali per la descrizione, l'analisi e la modellizzazione dei segnali, sia di tipo determinato sia di tipo aleatorio, nonché i principi delle tecniche di trattamento ed elaborazione dei segnali utilizzate negli insegnamenti successivi.

#### PROGRAMMA

- Teoria dei segnali determinati a tempo continuo: la loro rappresentazione geometrica.
- Analisi tempo – frequenza: *a)* segnali ad energia finita (spettro di ampiezza e di energia e funzione di autocorrelazione); *b)* segnali periodici (spettro a righe); *c)* segnali a potenza media finita (spettro di potenza e funzione di autocorrelazione).
- Sistemi lineari a tempo continuo: risposta all'impulso, funzione di trasferimento, relazioni ingresso – uscita nel dominio del tempo e della frequenza, condizioni di fisica realizzabilità e stabilità.
- Modulazione e demodulazione di ampiezza, come proprietà della trasformata di Fourier.
- Valutazione numerica della trasformata di Fourier (teoria della DFT e FFT).
- Teoria dei segnali determinati a tempo discreto: la trasformata  $z$ , la trasformata di Fourier e la trasformata discreta di Fourier.
- Sistemi lineari a tempo discreto: risposta all'impulso, funzione di trasferimento, convoluzione lineare e convoluzione circolare, cenni sui filtri numerici (FIR e IIR).
- Segnali analogici campionati: il teorema del campionamento, il filtro *anti-aliasing*, approssimazioni realizzabili del processo di campionamento e ricostruzione.
- Introduzione alla teoria della simulazione: il teorema della simulazione, la trasformata bilineare.
- Introduzione ai processi casuali: definizioni, statistica del primo e del secondo ordine (media, autocorrelazione e densità di probabilità).
- Processi stazionari e ciclostazionari e stazionarizzazione dei processi ciclostazionari.
- Processi gaussiani. Introduzione ai processi di Markov.
- Trasformazione di processi casuali: integrazione, derivazione, trasformazioni lineari e invarianti.
- Teoria dell'ergodicità.
- Analisi spettrale. Stima spettrale mediante tecniche numeriche (periodogramma e metodo di Welch). Il rumore bianco e il rumore filtrato. Lo spettro di un processo modulato in ampiezza.

#### BIBLIOGRAFIA

L. Lo Presti, F. Neri, *L'analisi dei segnali*, CLUT, 1991.

L. Lo Presti, F. Neri, *Introduzione ai processi cauali*, CLUT, 1992.

W.A. Gardner, *Introduction to random processes*, McGraw-Hill, 1990.

A. Papoulis, *Probabilità, variabili aleatorie e processi stocastici*, Boringhieri, 1973.

## T 595 4

## Termodinamica applicata (r)

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 2+2 (ore settimanali)  
30+24+2 (nell'intero periodo)

Docente: Valter Giaretto

Il corso riprende la teoria della termodinamica sviluppata nel corso di *Fisica 2* per vederne l'applicazione allo studio ed all'ottimizzazione delle principali macchine termiche. Vengono inoltre esaminati i fenomeni di trasporto del calore fornendo agli studenti gli strumenti per la soluzione di problemi di scambio termico con particolare riferimento a quelli connessi con la dissipazione del calore da parte di componenti elettronici.

## REQUISITI

*Fisica 1 e 2.*

## PROGRAMMA

- Sistemi di unità di misura. Definizione di sistema termodinamico, equilibrio di un sistema, grandezze di stato. Temperatura. Grandezze di scambio. Primo Principio della termodinamica: sistemi con e senza deflusso, energia interna, entalpia. Gas ideale: energia interna, entalpia, calori specifici. Processi di un gas ideale (isocoro, isobaro, isoterma, adiabatico) ed energie scambiate. Politropiche. [4 ore]
- Secondo Principio della termodinamica: enunciato, ciclo di Carnot diretto e inverso, temperatura termodinamica e uguaglianza della temperatura termodinamica e del termometro a gas. Teorema di Clausius, entropia, disequaglianza di Clausius. Entropia dei processi naturali, entropia di un gas ideale. Diagrammi termodinamici. Lavoro massimo e cenni sull'exergia. [4 ore]
- Cicli diretti a gas: ciclo Joule ideale e reale ed inverso, cicli Otto e Diesel. Cambiamenti di stato e vapori. Diagrammi dei vapori saturi:  $T,s$ ;  $h,s$ ;  $p,h$ . Cicli diretti: ciclo Rankine. Cicli rigenerativi. Bilancio energetico ed exergetico di un impianto a vapore. Ciclo inverso a vapore a semplice compressione ideale e reale. Grandezze psicrometriche e diagramma di Mollier. Cenni sulle trasformazioni dell'aria umida. [6 ore]
- Postulato di Fourier. Equazione generale della conduzione termica. Condizioni al contorno. Strato piano semplice e strato piano composto. Strato cilindrico semplice e composto. Raggio critico. Sfera cava. Generazione interna di calore strato piano e cilindrico. Superfici alettate. Efficienza. Conduzione non stazionaria. Corpi con resistenza interna trascurabile. Metodi numerici alle differenze finite. Metodo analogico. Metodo *lumped*: cartella elettronica. [6 ore]
- Cenni sul moto dei fluidi: viscosità, deflusso laminare e turbolento, strato limite, fattore di attrito. Convezione naturale e forzata: parametri adimensionali, analogie al trasporto di calore e di quantità di moto e analogie di Reynolds-Prandtl-Taylor. Scambiatori di calore. Leggi della radiazione termica. Scambi termici radiativi: fattori di forma, superfici piane, cilindri coassiali e cavità. Esempi e applicazione delle reti resistive equivalenti. [6 ore]

- Cenni di fotometria, colorimetria e illuminotecnica. Cenni di acustica strumentale.  
[4 ore]

## ESERCITAZIONI

Esercizi applicativi aventi per oggetto i seguenti temi:

1. definizione dei parametri fondamentali (capisaldi, energie scambiate, rendimenti) di cicli termodinamici diretti e inversi;
2. calcolo del profilo di temperatura e del flusso termico scambiato attraverso pareti piane e cilindriche;
3. distribuzione di temperatura ed efficienza di alette di raffreddamento per componenti elettronici;
4. calcolo del livello di illuminazione e della potenza elettrica delle lampade in un locale;
5. calcolo del livello acustico equivalente in un locale.

## BIBLIOGRAFIA

Barducci, *Collana di fisica tecnica. Vol. 3., Fotometria e colorimetria e 4., Acustica applicata*, Masson, Milano, 1994.

C. Boffa, P. Gregorio, *Elementi di fisica tecnica*, 2 vol., Levrotto & Bella, Torino, 1980.

V. Marchis, M. Masoero, *Modelli di sistemi termodinamici*, Levrotto & Bella, Torino, 1984.

P. Gregorio, *Esercizi di fisica tecnica*, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

## ESAME

Esonero di termodinamica durante il corso (entro la 9. settimana).

Scritto + orale di termocinetica, acustica e illuminotecnica in un appello qualunque.

Scritto + orale di tutti gli argomenti del corso in un appello qualunque.

Per accedere alla prova orale è necessario superare lo scritto con un punteggio superiore a 15/30.

# Programmi degli insegnamenti d'orientamento

**T 027 5**

## Antenne/Propagazione

Anno: periodo 4,5:2 Lezioni, esercitazioni: 6+6 (ore settimanali)Laboratorio:4 durante tutto il corso

Docente: Mario Orefice

Il corso tratta della propagazione delle onde elettromagnetiche, con particolare riferimento ai sistemi di telecomunicazione, e dei metodi di analisi e di progetto delle antenne, ponendo in risalto gli aspetti applicativi e pratici.

L'insegnamento è completato da esercitazioni sugli argomenti svolti.

### REQUISITI

Esame propedeutico è *Campi Elettromagnetici e Circuiti*; è inoltre utile la conoscenza delle tecniche di programmazione su calcolatori (p. es. FORTRAN) per lo svolgimento di lavori individuali o di gruppo.

### PROGRAMMA

Il programma, qui di seguito indicato, e soprattutto la distribuzione delle ore ha necessariamente solo valore indicativo, in quanto il corso si deve adattare di lezione in lezione alle esigenze didattiche e di calendario.

#### *Propagazione*

Concetti fondamentali sull'irradiazione e nozioni generali sulle antenne. Bande di frequenza e loro utilizzazione. Fenomeni fisici influenzanti la propagazione al variare della frequenza (da pochi kHz alle onde millimetriche) [4 ore]

Propagazione in vista ottica: interferenza con l'onda riflessa; zone di Fresnel. Onda superficiale. Fenomeni di fading. Diffrazione da ostacoli. Teoria Geometrica della Diffrazione e sue applicazioni [8 ore]

Propagazione troposferica: indice di rifrazione nell'atmosfera, equazioni dell'ottica geometrica, doto troposferico, propagazione in presenza di pioggia e nebbia, etc.

Propagazione ionosferica: indice di rifrazione nei plasmi, caratteristiche della ionosfera terrestre [8 ore]

#### *Antenne*

Concetti fondamentali sull'irradiazione e nozioni generali sulle antenne [4 ore]

Irradiazioni da antenne ad apertura: [8 ore]: campo vicino e lontano; trattazione di problemi elettromagnetici con metodi quasi ottici; metodi di calcolo; metodi di calcolo del campo diffratto: metodo delle aperture, metodo dell'ottica fisica. Esempi e applicazioni.

Anali e progetto dei vari tipi di antenna ad apertura: [26 ore]: trombe, paraboloidi, cassefrain, antenna a fascio sagomato, lenti. Antenne ad onda progressiva: antenne "surface wave" e "leaky wave".

Antenne a microstriscia [4 ore]

Irradiazione da antenne filiformi [10 ore]: tecniche di calcolo, accoppiamento tra antenne. Schiere a scansione elettronica: criteri generali di progetto, vari tipi di realizzazione, loro applicazioni. Elementi irradianti delle schiere: trombe, dipoli, fessure, antenne stampate.

Misure su antenne [6 ore]: guadagno, diagramma di irradiazione. Misure di fase, di polarizzazione e di impedenza. Varie tecniche di misura in campo lontano e in campo vicino.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni vertono sul programma svolto a lezione, e sono integrate con le lezioni.

## LABORATORIO (assistito)

Misure su antenne

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento

Appunti raccolti sotto forma di dispense.

Testi ausiliari (per approfondimenti)

R. E. Collin: "*Antennas and radiowave propagation*", Mc Graw Hill, 1985.

Jasik-Johnson, "*Antenna engineering handbook*" 2nd ed., Mc Graw Hill, 1984.

A. Rudge et al., "*The handbook of antenna design*", 2 voll. Peter Peregrinus, 1983.

S. Silver, "*Microwave antenna theory and design*", Mc Graw Hill, 1949

J. D. Kraus, "*Antennas*", 2nd ed., Mc Graw Hill, 1988

W. Rusch, "*Lectures on reflector antennas*", Celid, Torino, 1979.

## ESAME

L'esame può essere sostenuto secondo due modalità distinte:

1. esame tradizionale, 2. esame con tesina:

1. L'esame tradizionale consiste in una prova scritta ed una prova orale che devono essere sostenute nella stessa sessione. Entrambe le prove vertono sull'intera materia del corso. Per accedere alla prova orale è necessario ottenere una valutazione della prova scritta superiore o uguale a 10/30. La valutazione in trentesimi dell'esame consiste nella media dei due voti ottenuti nella prova scritta e nella prova orale.

I risultati degli esami di tutti coloro che consegnano la prova scritta vengono registrati, qualunque sia il risultato finale. La prova scritta può essere consegnata non più di una volta per sessione.

2. L'esame con tesina consiste nello svolgimento, in sostituzione della prova scritta di una tesina su un argomento proposto dal docente.

La prova scritta consiste in un esercizio di progetto o di analisi di un canale elettromagnetico e/o di una configurazione d'antenna.

Durante la prova scritta è possibile consultare qualunque testo.

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: Maurizio Zamboni

Il corso si inquadra nell'ambito di un *curriculum* di studi di natura microelettronico-circuitale e verterà principalmente sullo studio, analisi e definizione di architetture di sistemi integrati su silicio. Verrà data particolare enfasi alla parte metodologica e allo studio di sistemi da realizzare in forma digitale. Saranno analizzate varie soluzioni architetture, a partire da semplici architetture interne di microcontrollori fino alle soluzioni architetture per sistemi di elaborazione complessi. Nelle esercitazioni si utilizzerà un linguaggio di descrizione dello *hardware* (VHDL) per l'analisi, la simulazione e la sintesi di alcuni circuiti significativi e del caso di studio che gli studenti svilupperanno nel corso.

#### PROGRAMMA

- Aspetti generali e metodologici relativi alla sintesi architetture. Panoramica sui principali passi di progetto, metodi di valutazione. Analisi di requisiti funzionali, valutazione del grado di parallelismo, descrizione in forma di strutture e di gerarchie funzionali, metodi *data flow* e *control flow*.
- Analisi e caratterizzazione degli elementi base, delle interconnessioni e delle sezioni di interfaccia. Tecniche di ripartizione e di *scheduling*, generazione di sottospecifiche funzionali e di interfaccia.
- Regimi di temporizzazione. Analisi di sistemi sincroni a *flip-flop* e a *latch*. Tecniche di minimizzazione degli *skew*. *Timing Chart Diagram*. Interfacciamento tra diversi regimi di *clock*. Metodi per la sincronizzazione dei dati e degli eventi.
- Sintesi del controllo. Macchine di Moore e di Mealy. Sequenziatori e generatori di comando. Metodi di sintesi con PLA e ROM. Tecniche di sintesi *hardwired*.
- Sintesi del controllo in macchine microprogrammate. Architetture base. Definizione di controlli gerarchici (*set* di istruzioni, microcodice, nanocodice). Metodi di valutazione e scelta ottimale. Confronto fra macchine CISC e RISC.
- Sintesi dell'unità operativa. Scelta del numero e del tipo di *link* locali. Metodologie di ottimizzazione. Operatori base (*barrel shifter*, ALU, moltiplicatori, etc...). Aumento delle prestazioni mediante il concetto di *pipelining*. Architetture *pipelined*, scalari e superscalari.
- Organizzazione gerarchica della memoria. Memorie associative. *Cache* integrate e non. Tecniche di interfacciamento della unità di elaborazione con la memoria.
- Sintesi delle interconnessioni. Segnali e protocolli. Problemi elettrici. Teoria delle linee e riflessioni. Tecniche di analisi e di progetto. Rumore e accoppiamento tra linee (*cross talk*).
- Sistemi di elaborazione a grande complessità. Macchine SIMD, MIMD, *array* sistolici e a fronte d'onda. Metodologia di progetto di macchine a grande parallelismo.
- Testabilità e collaudabilità delle macchine. *Design for testability*. Tecniche per aumentare il grado di testabilità. *Self-test*, *scan path*.

## ESERCITAZIONI

Analisi dei diversi passi di progetto architetturale. Uso di simulatori e linguaggi di simulazione. Il linguaggio VHDL. Fondamenti di programmazione con VHDL nel progetto gerarchico. Primitive del linguaggio ed applicazioni a casi reali.

Ogni anno sarà trattato il progetto di un caso di studio che gli studenti analizzeranno e sintetizzeranno durante le esercitazioni. Il progetto completo partirà dalla validazione dell'algoritmo e porterà, secondo i passi definiti a lezione, alla sintesi di una architettura descritta e simulata in VHDL.

## LABORATORIO

Familiarizzazione con il linguaggio VHDL. Scrittura e simulazione di semplici circuiti a livello comportamentale e strutturale.

Simulazione del caso di studio proposto ad esercitazione partendo dal livello comportamentale fino alla descrizione delle funzioni elementari a livello *gate*.

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Non esiste per il momento un testo, anche per la evoluzione continua degli argomenti trattati.

Testi ausiliari:

J.L. Hennessy, D.A. Patterson, *Computer architecture : a quantitative approach*, Morgan Kaufmann, San Mateo, 1990.

R. Lipsett, C. Schaefer, C. Ussery, *VHDL, hardware description and design*, Kluwer.

F. Anceau, *The architecture of microprocessors*, Addison-Wesley, 1986.

Altri testi di riferimento e di consultazione saranno indicati durante il corso.

## ESAME

Prova scritta sul linguaggio VHDL, prova orale con valutazione del lavoro svolto sul caso di studio.

**T 037 0****Automazione industriale**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Enrico Canuto

Il corso intende avviare l'allievo alla progettazione di sistemi per l'automazione industriale. Vengono quindi analizzate le fasi progettative dalla specifica dei requisiti all'analisi di fattibilità, allo sviluppo della concezione di sistema, alla progettazione ed al collaudo. Particolare attenzione viene data alla progettazione della logica di controllo.

**REQUISITI**

Il corso presuppone una conoscenza approfondita dei fenomeni trattati dalla fisica sperimentale e applicata, e un'adeguata capacità di applicarne concetti e formulazione alla descrizione matematica degli impianti tipici dell'ingegneria. Si presuppone pure un'adeguata conoscenza dei metodi di analisi e trattamento dei segnali, ivi compresi quelli aleatori.

**PROGRAMMA**

*La modellizzazione matematica come strumento base della conoscenza.*

- I modelli matematici. Criteri e valutazione dell'approssimazione: la misura in norma. L'approccio a due modelli con differente livello di approssimazione.

*L'organizzazione di un sistema di controllo automatico digitale nell'ambito di una struttura gerarchica.*

- Il generatore dei riferimenti. L'osservatore. Il controllo di catena chiusa.

*La specifica dei requisiti di sistema.*

*La concezione del sistema di automazione.*

- l'architettura costruttiva. l'organizzazione logica in sottosistemi e in funzioni. La specifica dei requisiti relativi ai sottosistemi.

*La progettazione della logica di controllo.*

- Il progetto del generatore dei riferimenti. Il progetto dell'osservatore. Il progetto del controllo di catena chiusa.

*La simulazione numerica come strumento di progetto.*

*L'affidabilità ed il comportamento in condizioni di guasto.*

- Nozioni elementari di affidabilità. L'autodiagnostica. Il degradamento controllato delle prestazioni in condizioni di guasto.

**ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni in aula intendono favorire l'apprendimento dei metodi di progetto presentati a lezione, prima e durante la loro verifica in laboratorio.

**LABORATORIO**

Lo studente dovrà sviluppare e provare su elaboratore numerico il progetto completo di un caso tipico.

**BIBLIOGRAFIA**

Durante lo svolgimento del corso verranno distribuiti appunti sugli argomenti principali.

**ESAME**

Le modalità di esame verranno stabilite di anno in anno, tenendo in conto le eventuali esercitazioni di laboratorio effettuate. In ogni caso l'esame prevede una prova orale.

**T 041 0****Basi di dati**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: Claudio Demartini

Il corso comprende un'ampia trattazione della tecnologia delle basi di dati introducendo anche i risultati più recenti conseguiti nell'ambito delle attività di ricerca del settore. Le attività di laboratorio permettono di prendere contatto con i prodotti commerciali più recenti. Inoltre, i progetti di basi di dati per specifiche applicazioni elaborati in tale contesto permettono agli allievi la sperimentazione di efficienti metodologie di analisi.

**REQUISITI**

*Fondamenti di informatica 1 e 2, oppure Fondamenti di informatica e Sistemi informativi.*

**PROGRAMMA**

*I principi fondamentali e l'architettura delle basi di dati.*

- Fornisce un'ampia introduzione sui concetti dei sistemi di basi di dati in generale, ed in particolare evidenzia le differenze tra l'approccio relazionale e non relazionale a tali sistemi. Nel corso viene trattato principalmente l'approccio relazionale.

*I sistemi relazionali.*

- Questa parte del corso tratta in modo esaustivo i concetti alla base dei sistemi relazionali, con riferimenti a prodotti IBM quali DB2. Viene, inoltre, ampiamente trattato il linguaggio SQL (Structured Query Language) utilizzandolo come veicolo per illustrare i concetti fondamentali dei sistemi relazionali. In particolare, viene anche presentato il prodotto INGRES che rappresenta un altro punto di riferimento nell'area dei sistemi relazionali.

*Il modello relazionale.*

- Questa parte consiste in una dettagliata analisi della teoria fondamentale propria del modello relazionale. A tale proposito viene effettuata un'indagine approfondita degli aspetti relativi ai tipi di dati (relazione), delle regole di integrità di una base dati e delle operazioni che possono essere effettuate sui dati (relazioni), coerentemente con i vincoli specificati dalle regole di integrità. In particolare, vengono presentati il calcolo relazionale e l'algebra relazionale per la definizione delle operazioni proprie del modello relazionale. Sono previste esercitazioni in aula.

*L'ambiente della base di dati.*

- Vengono esaminati alcuni importanti aspetti quali le procedure di *recovery* di una base dati danneggiata da anomalie dovute a cause esterne (cadute di tensione), o operazioni condotte in modo errato, le regole per la gestione della concorrenza negli accessi a dati condivisi, le regole per la sicurezza ed integrità dei dati. Inoltre, con particolare attenzione vengono anche definite le procedure ed i compiti relativi alla amministrazione della base dati.

*Il progetto della base di dati.*

- In questa fase viene presentato il modello entità - relazione come approccio metodologico alla progettazione di una base di dati. In particolare vengono trattati

dettagliatamente tutti i passi necessari per passare dalla descrizione in linguaggio naturale del problema presente in una specifica di massima alla rappresentazione grafica delle entità individuate nella stessa specifica e delle relazioni che intercorrono tra esse. Viene, inoltre, presentata la metodologia alla base del progetto logico della base dati derivandolo direttamente dallo schema entità - relazioni sviluppato per il problema. Sono previste esercitazioni in aula ed in laboratorio su problemi reali.

#### *L'evoluzione della tecnologia delle basi di dati.*

- Viene presentata una panoramica sui sistemi distribuiti ed una introduzione alle basi di dati fondate sui principi della logica con particolare riferimento all'elaborazione delle interrogazioni recursive. Vengono esaminate, inoltre, le basi di dati ad oggetti, quale tecnologia emergente nel settore delle basi di dati.

### LABORATORIO

Le esercitazioni di laboratorio hanno come oggetto l'uso da parte degli allievi del linguaggio SQL mediante l'impiego di un prodotto della Gupta denominato SQL Windows. Inoltre, mediante l'uso di un prodotto CASE gli allievi potranno sperimentare su problemi reali le metodologie di analisi basate sul modello entità - relazioni giungendo alla realizzazione delle basi di dati e delle specifiche applicazioni che ad esse fanno riferimento.

### BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

C.J. Date, *An introduction to database systems. Vol. I*, 5th ed., Addison Wesley, 1990.

C. Batini, S. Ceri, S.B. Navathe, *Conceptual database design*, Benjamin-Cummings, 1992.

Testi ausiliari:

E. Baralis, C. Demartini, *Appunti di basi di dati*, 1995.

### ESAME

L'esame consta di uno elaborato scritto comprendente due parti:

- teoria
- progetto (modello E-R)

seguito da un colloquio orale per la discussione dell'elaborato.

Condizione necessaria, ma non sufficiente, per il superamento dell'esame è il conseguimento del risultato positivo nella parte di teoria presente nell'elaborato.

Anno:periodo 4:1    Lezione, Esercitazione, Laboratorio: 4+2+2

Docente: Flavio Canavero (collab. Stefano Grivet Talocia)

L'obiettivo del corso riguarda la comprensione dei meccanismi di emissione, di diffusione e di captazione delle interferenze nei sistemi elettronici analogici e digitali, e la descrizione delle tecniche di progettazione che rendono tali sistemi elettromagneticamente compatibili con l'ambiente in cui operano.

Nel corso si pone particolare attenzione agli aspetti applicativi, mediante esercitazioni di calcolo, simulazioni numeriche ed esercitazioni di laboratorio.

#### REQUISITI

Elettrotecnica, Campi Elettromagnetici

#### PROGRAMMA

1. Motivazioni allo studio della Compatibilità elettromagnetica: descrizione delle interferenze e classificazione delle modalità di accoppiamento.
2. Dai campi ai circuiti: modellazione del comportamento non ideale di componenti (p. es. conduttori, piste di circuiti stampati, ferriti) e di dispositivi elettromeccanici e digitali.
3. Emissione di interferenze per via radiata: modelli di emissione del modo comune e del modo differenziale.
4. Emissione di interferenze per via condotta: reti di alimentazione, filtri e alimentatori.
5. Captazione dei disturbi e loro propagazione sui conduttori: diafonia su linee multiconduttore; linee schermate e intrecciate.
6. Schermi elettromagnetici: meccanismi di schermatura in condizioni di campo prossimo e lontano; effetti delle aperture.
7. Scariche elettrostatiche: origine, effetti e tecniche di riduzione.
8. Normativa: cenni sulla normativa civile e metodi di misura.
9. Tecniche di progetto orientate al soddisfacimento dei requisiti di compatibilità degli apparati: masse, dislocazione di componenti e sistemi.

#### ESERCITAZIONI

Richiami dei principi fondamentali di elettromagnetismo (onde piane, linee di trasmissione e antenne) e di teoria dei segnali (spettri di forme d'ondautilizzate nei circuiti digitali; segnali aperiodici).

Esercitazioni di calcolo sugli argomenti 2, 3, 4, 5, 6, 7 delle lezioni.

Simulazioni di progetto mediante l'utilizzo di strumenti CAD.

#### LABORATORIO (assistito)

Misure sperimentali di diafonia e di accoppiamento in bassa frequenza.

**BIBLIOGRAFIA**

Testo di riferimento

C.R. Paul, Introduction to Electromagnetic Compatibility, J. Wiley, 1992.

Testi ausiliari (per approfondimenti)

C.R. Paul, Analysis of Multiconductor Transmission Lines. J. Wiley, 1994.

H.W. Ott, Noise Reduction Techniques in Electronic Systems, J. Wiley, 1988.

**ESAME**

Verifica della conoscenza dei fondamenti mediante accertamenti scritti in corso d'anno.

Lavoro di approfondimento valutato sia sui contenuti sia sulla presentazione.

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 8 (ore settimanali)

Docente: *da nominare*

Questo corso mira a fornire una conoscenza di base delle varie tecniche impiegate per l'analisi e il progetto di componenti e sottosistemi usati nel campo delle comunicazioni ottiche. L'approccio è metodologico piuttosto che descrittivo e gli studenti dopo questo corso dovrebbero essere in grado di leggere la letteratura specialistica sull'argomento.

Il corso tratta sia la propagazione libera (diffrazione) che quella guidata (fibre ottiche e ottica integrata). Sono presentati i più importanti strumenti analitici e numerici per l'analisi di circuiti ottici.

### REQUISITI

*Campi elettromagnetici.*

### PROGRAMMA

*Introduzione.* [2 ore]

- Presentazione del corso, discussione della sua collocazione nell'ambito delle comunicazioni ottiche, panoramica storica dell'evoluzione del settore, dall'ottica classica all'ottica moderna.

*Analisi modale di guide dielettriche.* [8 ore]

- Guide d'onda a sezione trasversale non omogenea, formulazione di Marcuvitz-Schwinger. Determinazione delle autofunzioni modali a partire dalle componenti longitudinali. Proprietà di biortogonalità delle autofunzioni, calcolo dell'eccitazione dei modi.

*Analisi di mezzi isotropi stratificati.* [6 ore]

- Analisi dei mezzi dielettrici isotropi stratificati con la tecnica delle linee modali vettoriali. Propagazione di un campo specificato su un'apertura.

*Diffrazione.* [12 ore]

- Approssimazione di Fresnel a partire dalle rappresentazioni spettrale e spaziale. Fasci gaussiani, propagazione e interazione con strutture dielettriche stratificate.

*Ottica geometrica e applicazioni.* [10 ore]

- Ottica geometrica, caustiche e teoria geometrica della diffrazione, lenti e specchi. Formalismo *ABCD*, guide a lenti.

*Guide dielettriche planari.* [16 ore]

- Guida dielettrica planare, analisi con risonanza trasversale. Modi guidati e irradati, onde *leaky*. Eccitazione delle guide dielettriche: accoppiatori a prisma, reticoli.

*Risonatori e filtri.* [6 ore]

- Risonatori chiusi e aperti, definizione di *Q*, *finesse*, *free spectral range*. Interferometri Fabry-Perot con dielettrico passivo e attivo. Strati  $\lambda/4$  antiriflesso, o strati ad alta riflettività.

*Strutture periodiche.* [6 ore]

- Strutture dielettriche stratificate periodiche, onde di Bloch e relative curve di dispersione. Riflettori di Bragg, birifrangenza di forma, teorema di Floquet. Reticoli di diffrazione.

*Metodi analitici e numerici per l'analisi di guide diffuse.* [10 ore]

- Linee non uniformi per studio di guide planari diffuse. Metodi numerici: differenze finite, elementi finiti, metodo dei momenti. Metodi analitici: profilo lineare. Metodo WKB e "metodo della funzione di confronto". Guide dielettriche tridimensionali: metodo dell'indice di rifrazione efficace e *beam propagation method*.

*Dielettrici anisotropi.* [6 ore]

- Mezzi anisotropi omogenei, superficie normale, ellissoide indice. Analisi di mezzi anisotropi stratificati, formalismo  $4 \times 4$ .

*Fibre ottiche.* [12 ore]

- Fibre ottiche *step index* e *graded index*. Fenomeni di dispersione e attenuazione nelle fibre. Fenomeni non lineari, automodulazione di fase, solitoni.

*Accoppiamento modale.* [4 ore]

- Teoria dell'accoppiamento modale codirezionale e controdirezionale. Effetto elettroottico e acustoottico.

## ESERCITAZIONI

1. Diffrazione di Fresnel e di Fraunhofer. [4 ore]
2. Propagazione di fasci gaussiani. [2 ore]
3. Analisi di guide dielettriche planari: determinazione dello spettro modale e delle relative configurazioni di campo. [2 ore]
4. Risonatori. [2 ore]
5. Strutture periodiche. [2 ore]
6. Mezzi anisotropi. [2 ore]
7. Fibre ottiche. [2 ore]
8. Accoppiamento modale. [2 ore]

## LABORATORIO

Le esercitazioni non hanno una cadenza regolare; spesso prevedono l'uso di programmi di simulazione. Sono previste un paio di esercitazioni di laboratorio.

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Appunti del docente.

Testi ausiliari:

B.E.A. Saleh, M.C. Teich, *Fundamentals of photonics*, Wiley, 1991.

D. Marcuse, *Light transmission optics*, Van Nostrand Reinhold, 1972.

## ESAME

Esame orale.

Anno: periodo 5:2 Lezione, Esercitazione, Laboratorio: 4+2+2

Docente: Donato Carlucci

Il corso si propone di illustrare le principali metodologie di progetto del controllo dei processi con particolare riferimento ai processi industriali. Nel corso, vengono presentati i metodi di sintesi del controllo con enfasi per quelli che si prestano ad una progettazione interattiva, assistita dal calcolatore. Ampio spazio viene dedicato alle moderne teorie di controllo per sistemi reali, cioè per sistemi in presenza di incertezze dovute a conoscenze sempre imperfette sia del sistema fisico da controllare sia dell'ambiente in cui esso opera. Per rendere l'allievo familiare con questa metodologia, la teoria rigorosa del controllo viene applicata a numerosi esempi di applicazione in prevalenza di carattere industriale dove il progetto viene sviluppato secondo teoria e nei minimi dettagli: dalla scelta dei trasduttori e degli attuatori, alla modellistica del processo, alla individuazione degli aspetti energetici dominanti, al progetto propriamente detto, fino alla valutazione delle prestazioni ed al bilancio tra costi e benefici, alla discussione di possibili sviluppi e prospettive future.

#### REQUISITI

*Controlli Automatici*

#### PROGRAMMA

Il programma comprende i seguenti punti principali:

Fondamenti di Teoria del Controllo Ottimale per Sistemi Lineari con funzionale di costo quadratico e disturbi a statistica gaussiana. Deduzione dello schema generale del controllo basato sull'uso di uno stimatore dello stato e del controllore. Generalizzazione dello schema per controlli basati su criteri di soddisfacimento di specifiche diverse da quelle ottimali.

Analisi di sistemi lineari multivariabili nel dominio della frequenza. Principali proprietà della matrice di trasferimento, zeri e poli: definizioni e significato fisico.

Differenti espressioni della matrice di trasferimento in catena chiusa per i sistemi multivariabili. Matrice di Trasferimento d'anello.

Stabilità di un sistema reazionato e generalizzazione del teorema di Nyquist ai sistemi multivariabili.

Tecniche di progetto del controllo nel dominio della frequenza per sistemi multivariabili.

Teoria del piazzamento dei poli in catena chiusa per sistemi multivariabili. Criteri generali di esistenza della soluzione.

Algoritmi per il piazzamento dei poli mediante reazione sullo stato del sistema.

Uso di reazione sull'uscita e progetto assistito dal calcolatore del compensatore dinamico.

Le strutture di controllo più diffuse nel campo industriale: filtri, compensatore PID. Trattamento dell'incertezza e tecniche di progetto del controllo per sistemi incerti.

Valutazione dell'affidabilità di un sistema di controllo: criteri generali e metodi di simulazione.

Validazione del progetto, valutazione di costi (hardware e *software*) e dei benefici.

## ESERCITAZIONI

Modellistica dettagliata di sistemi elettromeccanici industriali, satelliti artificiali, impianti termoelettrici.

Uso di modelli semplificati per il progetto del controllo. Applicazioni delle differenti tecniche di progetto. Trattamento dell'incertezza tra sistema reale e modello usato per il progetto.

Trattazione dettagliata di numerosi esempi di progetto di sistemi reali.

## LABORATORIO (assistito)

Progetto del controllo di un sistema elettromeccanico e simulazione al calcolatore delle prestazioni del sistema.

Progetto del controllo di velocità angolare e di orientamento di un satellite, simulazione al calcolatore e valutazione della precisione sull'orientamento.

Progetto del controllo di un sistema di prova per motori a combustione interna. Simulazione al calcolatore.

Progetto del controllo di un robot. Simulazione al calcolatore.

Localizzazione e controllo mediante semafori stradali di un veicolo viaggiante su una rete viaria conosciuta. Simulazione al calcolatore.

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento

Sono a disposizione appunti del corso, lezioni ed esercitazioni, scritti dal docente e forniti su supporto magnetico.

Testi ausiliari

Tibaldi: *Note Introduttive a MATLAB e Control System Toolbox*, Progetto Leonardo, Bologna.

Desoer, Vidyasagar: *Feedback Systems: input-output properties*. Academic Press.

Singh, Tidli: "*Systems: decomposition, Optimization an Control.*"

## ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed in una prova orale nella quale viene fra l'altro richiesta la discussione dei progetti sviluppati durante il corso.

Anno: periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4++4 (ore settimanali)

Docente: Giovanni Ghione (collab.: Marco Pirola)

Il corso ha lo scopo di introdurre i fondamenti della elettronica delle microonde, con particolare attenzione ai circuiti integrati ibridi e monolitici. Dopo una introduzione sui componenti passivi in microstriscia, vengono descritti i principali componenti attivi sia lineari (amplificatori) che non-lineari (oscillatori, mescolatori, moltiplicatori). Particolare attenzione è dedicata alle tecniche CAD analogiche e alla loro applicazione in sede di progetto.

### REQUISITI

*Campi elettromagnetici, Teoria dei circuiti elettronici, Comunicazioni elettriche.*

### PROGRAMMA

- *Sistemi a microonde, implementazione ibrida e monolitica.* Linee TEM e quasi-TEM, parametri caratteristici; microstriscie, esempi di progetto. Microstriscie accoppiate. Elementi concentrati, discontinuità microstriscia. Cenni alla tecnologia.
- Parametri S, regola di Mason. Analisi di reti con i grafi di flusso. Accoppiatori direzionali. Calcolo dei guadagni di amplificatori lineari.
- *Dispositivi attivi per microonde*, cenni sulla fisica, circuiti equivalenti di piccolo segnale. Parametri caratteristici degli elementi attivi ( $F_t$ ,  $F_{max}$  ecc). Modelli di piccolo e ampio segnale, *fitting*.
- *Amplificatori di piccolo segnale*: tipi (ad anello aperto, adattati con reti resistive, adattati con reti reattive, reazionati, bilanciati, distribuiti) e alimentazione. Progetto di amplificatori a singola frequenza nei casi stabile e instabile. Stabilità. Progetto a banda stretta e a banda larga. Amplificatori a larghissima banda: amplificatori distribuiti. Amplificatori di potenza, progetto. Amplificatori bilanciati.
- *Rumore*. Due-porte rumorosi, cifra di rumore, progetto di rumore. Cifra di rumore cascata, misura di rumore. Cerchi a NF costante.
- *Analisi di reti a microonde* nel dominio del tempo. Integrazione numerica delle equazioni. Analisi di reti nel dominio della frequenza. Reti non-lineari: *harmonic balance*. Analisi di reti lineari tempovarianti con matrici di conversione. Analisi mediante metodo di Volterra. Cenni al problema della ottimizzazione e al calcolo della *sensitivity*.
- *Risonatori*. Oscillatori a resistenza negativa. Punto di lavoro e stabilità negli oscillatori. Progetto lineare di oscillatori. Rumore negli oscillatori. Oscillatori agganciati.
- *Moltiplicatori di frequenza e mescolatori*.

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono di regola svolte nel laboratorio di informatica mediante l'uso di programmi CAD per il progetto lineare o non-lineare; sono di regola precedute da una

introduzione teorica svolta in aula o direttamente in laboratorio a seconda dei casi. Gli argomenti di massima svolti sono:

- Nozioni di base sull'uso di un programma di simulazione lineare; catalogo degli elementi.
- Progetto di sezioni di adattamento e filtri con elementi concentrati ideali e ottimizzazione.
- Progetto di sezioni di adattamento e filtri in microstriscia.
- Calcolo e verifica della stabilità; uso di *file* di parametri S e verifica della stabilità.
- Simulazione di rumore.
- Progetto Touchstone di amplificatori lineari e a basso rumore.
- *Fitting* di modelli lineari di dispositivi mediante ottimizzazione.
- Introduzione all'uso di un programma di simulazione non-lineare; simulazione di ampio segnale.
- *Fitting* di modelli non-lineari di dispositivi.
- Progetto di amplificatore di potenza.
- Analisi di un oscillatore a microonde mediante PSPICE.
- Realizzazione e misura di semplici circuiti ibridi passivi in microstriscia.

#### BIBLIOGRAFIA

Durante il corso è distribuito materiale che copre tutti gli argomenti trattati. È in preparazione una raccolta di appunti.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

A.M. Pavio, G.D. Vendelin, U.L. Rohde, *Microwave circuit design using linear and nonlinear techniques*, Wiley.

S.A. Maas, *Nonlinear microwave circuits*, Artech House.

A.A. Sweet, *MIC and MMIC amplifier and oscillator circuit design*, Artech House.

R.E. Collin, *Foundations for microwave engineering*, McGraw-Hill.

#### ESAME

L'esame consiste nello sviluppo e discussione di un progetto assegnato in corso d'anno (amplificatore o oscillatore) mediante un simulatore lineare o non-lineare e in una prova orale di carattere teorico, che può essere sostituita dallo svolgimento di una tesina concordata con il docente.

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4(2)+0(2) (ore settimanali)

Docente: *da nominare*

Il corso ha lo scopo di presentare sia gli aspetti teorici (modelli dei circuiti), sia gli aspetti progettuali e realizzativi dei più importanti circuiti amplificatori e alimentatori utilizzati nei sistemi elettronici di piccola potenza ( $< 1$  kW).

La prima parte riguarda l'attuazione e l'amplificazione di potenza, con particolare enfasi sulla amplificazione a bassa frequenza, usata per il comando di piccoli attuatori. Nella seconda parte vengono esaminati gli alimentatori, visti dapprima come sistemi e poi più in dettaglio dal punto di vista circuitale. Vengono trattati i regolatori lineari e quelli a commutazione ad onda quadra (*switching*).

### REQUISITI

Essendo questo un corso di tipo circuitale applicativo, è richiesta una forte propensione per gli argomenti di tipo circuitale e un'ottima conoscenza dei corsi circuitali precedenti.

### PROGRAMMA

*Cenni ai dispositivi di potenza.* [2 lezioni]

- Diodo, transistor bipolare, transistor ad effetto di campo (MOSFET).

*Interruttori elettronici.* [6 lezioni]

- Interruttori elettronici (MOSFET, BJT), caratteristiche e uso. Amplificazione di segnali digitali per il comando di attuatori. Pilotaggio di carichi resistivi, induttivi e misti. Topologie *hi side* e *low side*.

*Amplificatori lineari.* [7 lezioni]

- Retroazione e stabilizzazione. Tecniche di analisi, progetto e misura dell'anello di retroazione. Amplificatori in classe B, G e H, caratteristiche e rendimenti. Operazionali di potenza, caratteristiche e uso. Distorsioni e intermodulazioni. Amplificatori a commutazione (classe D). Problemi termici in regime transitorio.

*Caratteristiche generali degli alimentatori.* [2 lezioni]

- Classificazione, specifiche, affidabilità, prestazioni, protezioni, *standard*, interferenze elettromagnetiche.

*Alimentatori dissipativi.* [2 lezioni]

- Conversione AC / DC, stabilizzazione serie e parallelo. Regolatori integrati e discreti.

*Analisi degli alimentatori ad onda quadra.* [7 lezioni]

- Configurazioni fondamentali: *buck*, *boost* e *buck-boost*. Caratteristiche stazionarie in modo continuo e discontinuo. Comportamento dinamico. Modelli linearizzati, media nello spazio degli stati, media degli interruttori, media del circuito. Linearizzazione. Controllo in *voltage mode* e *current mode*. Correttori di fattore di potenza.

*Configurazioni derivate.* [4 lezioni]

- Analisi e dimensionamento di alimentatori *buck* derivati (*forward*, *push-pull*, mezzo ponte e ponte intero). Analisi e dimensionamento di *flyback*.

### Componenti magnetici. [5 lezioni]

– Progetto di induttori e trasformatori ad alta frequenza. Scelta del nucleo con il prodotto delle aree. Scelta dei conduttori. Valutazione delle perdite.

### Circuiti ausiliari. [2 lezioni]

– Reti *snubber*. Separazione galvanica. Alimentazioni ausiliarie. Sensori di corrente. Circuiti integrati di controllo.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni vertono sul progetto di semplici convertitori DC / DC e amplificatori, fino al dimensionamento completo, usando caratteristiche di componenti reali. I progetti così sviluppati sono poi simulati su calcolatore (LAIB).

## LABORATORIO

1. In laboratorio sono misurate le caratteristiche di componenti e di circuiti visti a lezione. Le esercitazioni previste riguardano:
2. Misure sui diodi.
3. Misura del guadagno di anello.
4. Misure su *buck* e *buck boost* ad anello aperto.
5. Progetto, realizzazione e misura del controllo di *buck* e *buck boost*.
6. Misura su *forward* e *flyback* ad anello aperto.
7. Misura su *forward* e *flyback* ad anello chiuso.

## BIBLIOGRAFIA

Non vi è un testo di riferimento. Il corso si basa su articoli indicati dal docente. Alcuni argomenti sono trattati su dispense disponibili in copisteria.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

Bloom, Severns, *Modern DC – DC switchmode power conversion circuits*, Van Nostrand Reinhold.

Kassakian, Schlecht, Verghese, *Principles of power electronics*, Addison-Wesley

Pressman, *Switching power supply design*, McGraw-Hill.

Mitchell, *DC – DC switching regulator analysis*, McGraw-Hill.

## ESAME

Nella sessione di esame vi è un appello ogni martedì. L'esame è costituito da uno scritto (prenotazione obbligatoria presso la segreteria di Elettronica) e da un orale.

Lo scritto consiste in un progetto simile a quelli eseguiti durante le esercitazioni in aula. La durata è di circa 3 ore.

È possibile presentarsi allo scritto e ritirarsi senza lasciare traccia. Durante lo scritto bisogna essere muniti di calcolatrice e documentazione distribuita durante il corso, è possibile consultare libri ed appunti, non è possibile consultare i compagni, pena l'annullamento dello scritto.

L'orale ha luogo subito dopo lo scritto, lo stesso giorno o i giorni immediatamente successivi, e verte per lo più su argomenti trattati a lezione o a esercitazione in aula e ha durata media di un'ora.

Di solito l'orale consiste di due domande la cui valutazione viene mediata con lo scritto (2/3 orale, 1/3 scritto). In caso di non superamento dell'orale il candidato può ripresentarsi all'esame (scritto e orale) al massimo solo una seconda volta nella stessa sessione, ad opportuna distanza di tempo suggerita dal docente, tipicamente maggiore o uguale a due settimane.

## T 294 0

## Ingegneria del software

Anno: Periodo 4,5:2 Lezione, Esercitazione, Laboratorio: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: *da nominare*

Il corso presenta i principi, i metodi e gli strumenti principali di ingegneria del *software*. I temi centrali sono il ciclo di vita del *software*, con particolare riguardo alle fasi di specifica dei requisiti, progettazione e testing, il paradigma ad oggetti applicato alla programmazione, all'analisi ed al progetto del *software*, lo sviluppo del *software* mediante l'impiego di modelli grafici rigorosi.

Nell'ambito del corso viene illustrato il linguaggio Java che serve da base per la presentazione di casi di studio relativi all'ingegnerizzazione di sistemi *software* complessi.

## REQUISITI

*Fondamenti di informatica, Sistemi informativi*

## PROGRAMMA

Modelli di ciclo di vita del *software*:

a cascata (*waterfall*), incrementale, evolutivo-prototipale, a spirale.

Modelli funzionali:

decomposizione *top-down* mediante la tecnica dei *data-flow*.

Modelli informativi:

formalismo entità-relazioni e le sue principali estensioni.

Modelli di controllo:

macchine a stati (o diagrammi stato-transizione), macchine a stati gerarchiche (o *statecharts*).

Paradigma strutturato:

paradigma strutturato per l'analisi del *software* come integrazione di tre tipi di modelli: funzionali, informativi e di controllo.

Paradigma ad oggetti:

principi della programmazione ad oggetti (identità, classificazione, ereditarietà e polimorfismo).

Metodi di analisi e progetto ad oggetti (metodi di Rumbaugh, Booch ed altri).

Linguaggio Java:

caratteristiche principali, meccanismi di ereditarietà, di gestione della memoria e di *overloading* degli operatori. Architettura dei programmi scritti in Java.

Verifica del *software*:

tecniche di validazione e verifica.

Metodi di *testing* (*top-down*, *bottom-up*, *black box*, *white box*).

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni comprendono lo svolgimento di esercizi specifici di approfondimento delle parti teoriche e lo sviluppo di un caso di studio volto a illustrare l'intero processo di sviluppo del *software*.

## LABORATORIO

Le esercitazioni vertono principalmente sull'uso del linguaggio Java e di alcuni ambienti di supporto. E' previsto lo sviluppo del *software* relativo al caso di studio illustrato durante le esercitazioni.

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento

G. Booch, "*Object Oriented Analysis and Design with Application*", Benjamin Cummings, 1994

C. Ghezzi, M. Jazayeri, D. Mandrioli, "*Fundamentals of Software Engineering*", Prentice-Hall, 1991

L. Lemay, C. L. Perkins, "*Teach Yourself Java in 21 Days*", Sams.net Publishing, 1996

## ESAME

L'esame consiste in una prova scritta di teoria, una prova scritta di programmazione in Java (sostituibile da una tesina) e un orale facoltativo.

Anno:periodo 4:2

Docente: Gianluca Piccinini

Il corso fornisce gli strumenti di analisi e di progetto per affrontare la realizzazione di sistemi integrati come circuiti VLSI, a partire dai principi di funzionamento dei MOSFET.

Lo stretto legame esistente tra fisica dei dispositivi, tecnologie di fabbricazione e integrabilità a livello di sistema, rende il corso "trasversale" negli indirizzi di carattere tecnologico e *hardware* digitale. Inoltre la necessità di fornire agli allievi le competenze relative all'intero ciclo di progetto e di fabbricazione di circuiti VLSI rende fondamentali le esercitazioni di laboratorio con strumenti CAD e lo svolgimento di un progetto fino alla realizzazione circuitale.

#### PROGRAMMA

- Sistemi metallo - ossido - semiconduttore: analisi e modelli del MOSFET a canale lungo.
- Tecnologia CMOS: valutazione dei parametri elettrici tramite simulazioni di processo e analisi delle *design rules*.
- Processi di scalamento: fenomeni del secondo ordine nel MOSFET submicrometrico.
- Analisi dell'invertitore CMOS come elemento base nei circuiti logici e come elemento di pilotaggio di carichi elevati.
- Interconnessioni nei circuiti integrati: modelli concentrati e modelli distribuiti.
- Logiche CMOS statiche e dinamiche.
- Strutture regolari ROM, RAM, PLA e moltiplicatori paralleli.
- Logiche ad alta velocità BiCMOS, ECL, GaAs.
- Problemi di integrazione di sistemi complessi: strumenti CAD e metodologie di progetto.

#### ESERCITAZIONI

Approfondiscono i concetti presentati nelle lezioni, applicandoli a casi reali. La metodologia di progetto, basata sulla continua verifica, tramite simulazione, delle scelte di progetto si riflette sulle esercitazioni che si articolano tra valutazioni teoriche e simulazioni numeriche. Particolare attenzione viene inoltre prestata allo svolgimento di esercitazioni di laboratorio relative al progetto di un sistema o di una sua sottoparte, come circuito integrato VLSI.

#### BIBLIOGRAFIA

M. Shoji, *CMOS digital circuit technology*, Prentice Hall.

N. Weste, K. Eshraghian, *Principles of CMOS VLSI design: a system perspective*, Addison Wesley.

M. Annaratone, *Digital CMOS circuit design*, Kluwer.

**T 357 0****Microonde**

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 8 (ore settimanali)

Docente: Gian Paolo Bava

Scopo del corso è di fornire metodi di studio e di progetto di componenti, dispositivi e circuiti di interesse nel campo delle microonde, con particolare attenzione al settore delle telecomunicazioni (collegamenti e circuiti di elaborazione dei segnali in guide metalliche e dielettriche ed in strutture adatte a circuiti integrati; cenni sistemistici).

Vengono anche discusse concisamente alcune tematiche particolari, che coinvolgono aspetti di interesse per le microonde e sono di rilievo per l'attuale evoluzione (tubi per microonde, interazioni tra microonde ed optoelettronica, dispositivi allo stato solido avanzati).

**REQUISITI**

Oltre agli argomenti relativi alle materie di base, sono richieste conoscenze fondamentali di campi elettromagnetici, in particolare riguardo alla propagazione guidata (linee, guide, parametri *scattering*).

**PROGRAMMA**

Non è prevista una netta distinzione tra lezioni ed esercitazioni (di calcolo); per gli argomenti più significativi, al momento opportuno, verrà dedicato spazio ad esercizi.

- Richiami e generalizzazioni sulla propagazione guidata; eccitazione ed accoppiamento dei modi e delle guide; esempi vari di fenomeni e componenti, in particolare progetto di circuiti in microstriscia anche con dispositivi attivi. [12 ore]
- Parametri *scattering* e loro proprietà; connessione di strutture e riflessioni multiple; circuiti e componenti non reciproci; strutture con quattro porte, in particolare accoppiatori direzionali; esempi di applicazioni; altri componenti. [14 ore]
- Circuiti distribuiti a microonde e cenni sulle tecniche di progetto; trasformazione di Richards; identità di Kuroda; modelli di filtri distribuiti; invertitori di impedenza; esempi diversi di filtri. [10 ore]
- Risonatori elettromagnetici; parametri caratteristici; risonatori in guida metallica e dielettrici; risonatori aperti; eccitazione ed accoppiamento dei risonatori; applicazioni varie dei risonatori. [12 ore]
- Guide non uniformi ed accoppiamento dei modi; condizione di sincronismo; problematiche e loro classificazione, in assenza di perdite; applicazioni varie; strutture periodiche e loro interesse; interazioni elasto-ottiche ed elettro-ottiche ed applicazioni. [10 ore]
- Onde di carica spaziale e loro applicazioni; in fasci di elettroni nel vuoto; tubi per microonde (*klystron*, tubi a onde progressive e regressive, *magnetron*); applicazioni nei sistemi di telecomunicazioni; cenni sui dispositivi a onde di carica spaziale in semiconduttori. [10 ore]
- Problematiche di fenomeni non lineari che originano mescolazione di frequenza in diversi contesti e loro applicazioni; mescolatori di ricezione e di trasmissione;

relazioni di Manley-Rowe; *maser*; effetti parametrici ed amplificatori parametrici e loro impieghi. [12 ore]

#### LABORATORIO

Sono previste tre esercitazioni di laboratorio, per le quali (se necessario) si utilizzerà una suddivisione in squadre, sui seguenti argomenti:

1. Analisi, discussione ed osservazione di componenti diversi a microonde (in guida metallica, in microstriscia, tubi, ecc.).
2. Rilievo delle caratteristiche di alcuni componenti in microstriscia di particolare interesse.
3. Misura dei parametri caratteristici di un risonatore.

#### BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

È disponibile una versione completa di appunti sulle lezioni, di cui una copia verrà messa a disposizione degli studenti all'inizio del corso.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

R.E. Collin, *Foundations for microwave engineering*, McGraw-Hill, 1992.

#### ESAME

L'esame consiste:

- in una prova orale sugli argomenti sviluppati nel corso; in particolare con lo svolgimento di esercizi numerici e/o discussione su tematiche sviluppate nel corso (non si richiedono dimostrazioni);
- in alternativa, lo sviluppo di una tesina su un argomento attinente al corso (concordato con i singoli studenti) + una breve prova orale integrativa sugli argomenti del corso che non sono "presenti" nella tesina.

**T 369 0****Misure per l'automazione e la produzione industriale**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4++4 (ore settimanali)

Docente: Franco Ferraris

Il corso si propone di fornire agli allievi le conoscenze necessarie per una corretta gestione delle misure in ambito industriale. Durante il corso vengono analizzate le tre tematiche fondamentali: trasduzione, acquisizione ed elaborazione dei dati.

Il corso ha una forte connotazione sperimentale legata ad un uso intenso del laboratorio: sono previste 10 esercitazioni sperimentali che trattano tutti e tre gli aspetti precedentemente citati.

**REQUISITI**

Misure elettroniche.

**PROGRAMMA**

La divisione in argomenti e l'ordine in cui sono trattati è funzionale ad un corretto sviluppo delle esercitazioni.

- Acquisizione dei dati: criteri di scelta della frequenza di campionamento. Analisi delle prestazioni dei sistemi di conversione analogico / digitale. *Bit* di risoluzione e *bit* di accuratezza. Problemi nell'acquisizione della grandezze tempovarianti. [8 ore]
- Caratteristiche generali dei sensori: specifiche e terminologia comune a tutti i sensori. [4 ore]
- Trasduttori di temperatura. Principi di trasduzione: variazione di resistività, forze termoelettromotrici, tensione di giunzione, misure a radiazione. Prestazioni dei diversi metodi e criteri di scelta. [8 ore]
- Circuiti di condizionamento e filtraggio per il corretto uso dei sensori di temperatura. [4 ore]
- Sistemi di acquisizione dati: architettura distribuita e concentrata. Tipi di strutture per sistemi concentrati: VME/VXI, *bus* AT e sistemi proprietari. Tipi di collegamenti tra i diversi componenti: RS 232, IEEE 488, Ethernet. [8 ore]
- Gestione delle acquisizioni: discussione sui vantaggi e le prestazioni ottenibili con programmazione diretta ed ambienti integrati (LabWindows, LabView, VEE). Problematiche legate agli ambienti operativi (DOS, Windows, ecc.) e alle necessità del tempo reale. [4 ore]
- Trasduttori per grandezze meccaniche (accelerazione, velocità, posizione, forza e deformazione). Principi di trasduzione, criteri di scelta e prestazioni ottenibili. [4 ore]
- Approfondimento sui misuratori di deformazione e sui circuiti di condizionamento. Cenni ad altri tipi di sensori. [2 ore]
- Tecniche di elaborazione dei dati per l'estrazione dell'informazione di misura: filtraggio digitale, deconvoluzione, ecc. [6 ore]

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula sono finalizzate alla presentazione delle esercitazioni in laboratori. Sono previste 6 esercitazioni di 2 ore corrispondenti ai 6 temi proposti in laboratorio.

## LABORATORIO

Le esercitazioni si svolgono in laboratori in blocchi di 4 ore. Sono previste 10 esercitazioni. Durante le esercitazioni è prevista la suddivisione degli studenti in gruppi di 3-4 persone.

1. Generalità sull'uso di strumentazione elettronica interfacciata a un elaboratore: scrittura di un programma di gestione con linguaggio di programmazione (Qbasic DOS) e in ambiente integrato (VEE). [4 ore]

2-3. Costruzione di un misuratore di temperatura a termoresistenza. Realizzazione del circuito di condizionamento, taratura e verifica delle prestazioni. [8 ore]

4. Costruzione di un misuratore di temperatura sia termocoppia sia tramite sensori elettronici. Costruzione dei circuiti di condizionamento, taratura e verifica delle prestazioni. Confronto con le prestazioni del sistema di misura a termoresistenza. [4 ore]

5-6. Sistema di misura per grandezze tempovarianti: acquisizione automatica del transitorio di scarica di un sistema RC. Scrittura di un programma di gestione della misura, verifica delle prestazioni impiegando strumentazione esterna ed interfaccia RS 232 IEEE 488. Analisi dei problemi legati alla discretizzazione temporale. [8 ore]

7-8. Ripetizione dell'esperienza impiegando una scheda di acquisizione dati interna al computer. Scrittura di un programma di gestione della scheda in ambiente Windows ed uso dei pacchetti integrati. Confronto delle prestazioni ottenibili con i due metodi. [8 ore]

9-10. Miglioramento dell'accuratezza di misura di temperatura in transitorio tramite elaborazione digitale dei segnali. [8 ore]

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Copia delle trasparenze presentate a lezione.

G.C. Barney, *Intelligent instrumentation*, Prentice Hall, 1985.

H.K.P. Neubert, *Instrument transducers*, Clarendon, Oxford, 1984.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

Fotocopie di manuali e materiale illustrativo degli strumenti e componenti impiegati.

## ESAME

Esame orale al termine del corso. È richiesta la presentazione di una relazione sulle esercitazioni svolte.

Anno: periodo 5:1

Docente: *da nominare*

Il corso di prefigge di fornire gli elementi necessari per la comprensione dei principi di funzionamento delle moderne reti di telecomunicazioni, con particolare attenzione alle reti a commutazione di pacchetto. La prima parte del corso sviluppa gli strumenti più comunemente impiegati nello studio delle prestazioni delle reti di telecomunicazioni, ed ha pertanto un'impronta più metodologica; vengono forniti un'introduzione ai processi di Markov e alcuni rudimenti di teoria delle code; vengono inoltre descritte le reti di Petri temporizzate. La seconda parte del corso descrive e analizza con gli strumenti sviluppati nella prima parte le architetture ed i protocolli più utilizzati nelle reti di telecomunicazioni.

#### REQUISITI

*Teoria dei segnali e Comunicazioni elettriche.*

#### PROGRAMMA

- *Introduzione alle reti di comunicazione.* Classificazione delle reti. Topologie. Servizi offerti dalle reti e tipi di traffico. Commutazione di circuito, di messaggio e di pacchetto. Breve introduzione alle reti telefoniche ed alle reti di calcolatori. Prestazioni e modelli.
- *Processi di Markov.* Definizioni di base. Catene di Markov in tempo discreto e in tempo continuo. Soluzione di catene di Markov in equilibrio. Catena di Markov interna. Aggregazione nelle catene di Markov. Processi semimarkoviani.
- *Elementi di teoria delle code.* Analisi delle code M/M/1 e M/M/m. Code con infiniti servitori. Code con capacità di memorizzazione finita. Code con popolazione finita. La coda M/G/1. Cenni alle reti di code. Ritardo nelle reti a commutazione di pacchetto. Analisi operativa di reti di code.
- *Reti di Petri.* Definizione. Comportamento dinamico. Estensioni: reti di Petri temporizzate e reti di Petri stocastiche generalizzate (GSPN).
- *Architetture di rete.* Organismi di standardizzazione. Il modello di riferimento ISO dell'OSI. Il progetto ARPA Internet. Architetture proprietarie: cenni a SNA e DECNET.
- *Protocolli per reti di telecomunicazioni.* Mezzi trasmissivi e protocolli di livello fisico. Protocolli di livello collegamento: protocolli a finestra e HDLC. Protocolli d'accesso per reti locali e metropolitane: Ethernet, *token ring*, *token bus*, FDDI, DQDB. Interconnessione di reti locali. Problematiche di livello rete: congestione, instradamento e controllo di flusso. X.25. Protocolli di trasporto: ISO-TP4. TCP/IP.
- *Protocolli di alto livello.* Cenni al livello di sessione e di presentazione ISO/OSI. Livello applicazione: CASE, ROSE, posta elettronica, FTAM, *directory*.

## ESERCITAZIONI

1. Soluzioni di catene di Markov a tempo discreto e a tempo continuo.
2. Analisi di semplici sistemi a coda.
3. Costruzione di modelli GSPN e loro soluzione.
4. Analisi delle prestazioni di protocolli di telecomunicazioni.

## BIBLIOGRAFIA

- L. Kleinrock, *Queueing systems. Vol. 1 e 2*, Wiley, 1976.
- M. Decina, A. Roveri, *Code e traffico nelle reti di comunicazione. Parte 1, Teoria delle code*, La Goliardica, 1978
- U. Black, *Computer networks : protocols, standards, and interfaces*, Prentice Hall, 1987.
- A.S. Tanenbaum, *Computer networks*, 2nd ed., Prentice Hall, 1988.
- M. Schwartz, *Telecommunication networks : protocols, modeling and analysis*, Addison Wesley, 1986.
- D. Bertsekas, R. Gallager, *Data networks*, Prentice Hall, 1987.
- L. Lenzini, C. Borreggi, *Reti per dati*, SARIN Marsilio, 1985.
- G. Le Moli, *Telematica : architettura, protocolli e servizi*, ISEDI Mondadori, 1983.

## ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed in una successiva prova orale.

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Roberto Tadei

La ricerca operativa consiste nella costruzione di modelli razionali per la rappresentazione di problemi complessi e dei relativi algoritmi risolutivi.

Il corso si propone di dotare lo studente degli strumenti di base per modellizzare e risolvere una serie di problemi propri dell'ingegneria informatica e automatica, elettronica e delle telecomunicazioni.

La modellizzazione del problema consiste nella formulazione dello stesso in termini di programmazione matematica, cioè individuazione di funzione obiettivo da minimizzare o massimizzare e relativi vincoli, mentre la sua risoluzione consiste nella ricerca del minimo o del massimo nel rispetto dei vincoli e richiede l'utilizzo di algoritmi di calcolo. Per tutti i problemi trattati nel corso verranno presentati gli algoritmi più recenti, alcuni oggetto di ricerca presso il dipartimento, con particolare attenzione alla loro complessità computazionale.

Durante il corso verranno proposte agli studenti tesine di ricerca attinenti agli argomenti trattati.

#### PROGRAMMA

- Modellizzazione del problema. [14 ore]
- Metodo del simplesso. [10 ore]
- Dualità. [4 ore]
- Trasporti. [8 ore]
- Flussi su rete. [12 ore]
- Metodo *branch and bound*. [4 ore]
- Problema del commesso viaggiatore. [8 ore]
- Problemi di localizzazione. [12 ore]
- Complessità computazionale. [4 ore]
- Programmazione dinamica. [8 ore]
- Sequenziamento e schedulazione. [20 ore]

#### ESERCITAZIONI

Per ciascuno dei punti del programma delle lezioni verranno svolte esercitazioni in aula. Particolare attenzione sarà rivolta alla costruzione del modello matematico partendo da problemi reali.

#### BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Dispense del corso.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

M. Gondran, M. Minoux, *Graphs and algorithms*, Wiley, 1984.

- D.J. Luenberger, *Introduction to linear and nonlinear programming*, Addison-Wesley, 1973.
- F. Maffioli, *Elementi di programmazione matematica. Vol. 1-2*, Masson, Milano, 1990.
- S. Martello, D. Vigo, *Esercizi di ricerca operativa*, Progetto Leonardo, Bologna, 1994.
- M. Minoux, *Mathematical programming : theory and algorithms*, Wiley, 1986.
- F. Pezzella, E. Faggioli, *Ricerca operativa : problemi ed applicazioni aziendali*, CLUA, Ancona, 1993.
- L. Poiaga, *Ricerca operativa per il management e il project management*, UNICOPLI, Milano, 1994.

## ESAME

Il corso prevede due esoneri scritti durante il semestre, della durata di 2 ore ciascuno. Il superamento di entrambe gli esoneri può sostituire l'esame finale orale. In questo caso il voto finale si ottiene combinando i risultati dei due esoneri, pesati in funzione del programma del corso, misurato in ore, coperto da ciascun esonero. Lo studente che volesse migliorare il risultato del I e/o del II esonero può sostenere l'esame orale relativamente al programma coperto dall'esonero stesso. In tale caso il risultato dell'esonero viene dimenticato. Gli esoneri hanno una validità temporale che coincide con l'anno accademico nel quale sono stati svolti.

Regole di esonero: al termine di ogni esonero viene effettuata la relativa correzione in aula e lo studente può decidere se ritirarsi o meno dall'esonero. Si individuano situazioni diverse con riferimento ai due esoneri.

I esonero. Lo studente decide di ritirarsi: in tal caso può sostenere il secondo esonero e dovrà sottoporsi all'esame orale relativo alla prima parte del corso. Lo studente decide di non ritirarsi: se l'esonero viene superato lo studente potrà svolgere il secondo esonero, diversamente dovrà sottoporsi all'esame orale relativo all'intero corso, a partire dal primo appello dopo la conclusione del corso.

II esonero. Lo studente decide di ritirarsi: in tal caso dovrà sottoporsi all'esame orale relativo alla seconda parte del corso, a partire dal primo appello dopo la conclusione del corso. Lo studente decide di non ritirarsi: se l'esonero viene superato lo studente può sostituire l'esame orale con i due esoneri superati, diversamente dovrà sottoporsi all'esame orale relativo alla seconda parte, a partire dal terzo appello dopo la conclusione del corso.

Le tesine di ricerca danno diritto ad un incremento fino a 4 punti del voto finale, in funzione della qualità del lavoro di ricerca svolto.

Anno: periodo 5:2      Lezioni, esercitazioni: 6+2 (ore settimanali)

Docente : Paolo Montuschi

Il corso si propone di fornire agli allievi le nozioni di base relative alle architetture, agli algoritmi fondamentali, alle metodologie di progettazione e valutazione di sistemi di elaborazione di media complessità. Una particolare importanza è data allo studio dell'architettura dei *Personal Computer*. Sono analizzate le principali famiglie di microprocessori, i relativi bus e la gestione dei principali dispositivi periferici, dai punti di vista hardware e software.

#### REQUISITI

Conoscenze di: *Fondamenti di Informatica, Sistemi Informativi I, Reti Logiche, Dispositivi Elettronici I.*

#### PROGRAMMA

Architetture di sistemi a microprocessore:

Struttura e organizzazione di sistemi basati su dispositivi a 16 e 32 bit (8086, 80286, 80386, 80486, Pentium, Pentium Pro (P6), famiglia 68000). Progetto di memorie (DRAM, cache, tecniche di rilevamento e correzione degli errori). Metodologie di gestione dei periferici (gestione dei bus, *polling, interrupt, DMA*, etc.). Studio di interfacce (I/O standard, *video controller, disk controller*). Coprocessori matematici e unità aritmetiche.

Struttura dei *Personal Computer*: Organizzazione hardware.

*Driver* del BIOS. Fondamenti di sistemi operativi: *File system, memory management*, politiche di schedulazione, sistemi *multitasking*; panoramica generale dei sistemi operativi.

Architetture multiprocessore: Tipologie di interconnessione tra processori. Strutture a bus comune. Condivisione delle risorse. Gestione della memoria. *Multitasking*.

Evoluzione dei microprocessori: Architetture CISC evolute. Architetture RISC (DEC Alpha e IBM Power PC). Architetture dei sistemi grafici.

#### ESERCITAZIONI E LABORATORI

Non sono previste esercitazioni in laboratorio pianificate. Tuttavia, poiché potrebbe essere richiesto lo sviluppo di semplici lavori applicativi, sarà riservato settimanalmente presso il LAIB un adeguato numero di macchine.

#### ESAME

Prova scritta, prova orale, discussione di eventuali lavori applicativi assegnati e sviluppati.

T 569 0

## Tecnologie e materiali per l'elettronica

Anno: periodo 5:1 Lezione, Esercitazione: 6+2 ore settimanali

Docente: Giovanni Ghione (collab. Marina Meliga)

Il corso di Tecnologie e Materiali per l'Elettronica ha lo scopo di fornire una panoramica dettagliata sui processi tecnologici coinvolti nella fabbricazione di dispositivi a semiconduttore sia convenzionali (su Si) che avanzati (dispositivi su semiconduttore composito e a eterostruttura). Negli ultimi anni il corso si è avvalso delle competenze di tecnici dei laboratori CSELT direttamente coinvolti nell'uso di processi tecnologici avanzati, quali l'epitassia per la fabbricazione di dispositivi ottici (LASER allo stato solido), che sviluppano una serie di argomenti sia integrati nel contesto del corso, sia monografici.

### REQUISITI

*Dispositivi elettronici I*

### PROGRAMMA

Richiami di fisica dei materiali semiconduttori: struttura a bande dei solidi, struttura cristallina di Si e semiconduttori compositi. Fisica delle eterostrutture. Esempi di dispositivi a eterostruttura. Dispositivi optoelettronici. Proprietà ottiche dei semiconduttori. Diodi a emissione di luce (LED). Diodi LASER: principi di funzionamento e strutture. Fotorivelatori: fotoresistori e fotodiodi. Fotodiodi a valanga. Crescita di materiale monocristallino. Processi Bridgman e Czochralsky.

Processi di crescita epitassiale.

Caratterizzazione di materiali semiconduttori: tecniche di microanalisi

Deposizione di strati dielettrici e metallici.

Processi di drogaggio: diffusione. Diffusione estrinseca. Impiantazione ionica e sue caratteristiche. Ossidazione e processi relativi.

Tecniche fotolitografiche. Litografia ottica, a fasci di elettroni, a raggi X.

Dispositivi optoelettronici: amplificatori ottici e circuiti ottici integrati. Tecniche di *packaging*. Affidabilità dei dispositivi elettronici.

### BIBLIOGRAFIA

Parte degli argomenti del corso sono coperti da appunti forniti dal docente.

S.M.Sze, *Dispositivi a semiconduttore*, Hoepli 1991

D.Wood, *Optoelectronic Semiconductor Devices*, Prentice Hall, 1993

### ESAME

Consiste in una prova orale di carattere prevalentemente teorico sugli argomenti sviluppati nel corso.

Anno: Periodo 5:1 Lezione, Esercitazione: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Michele Elia

Il corso presenta la teoria dei codici correttori d'errore e la crittografia nel contesto della teoria dell'informazione di Shannon. Gli argomenti sono introdotti seguendo un approccio induttivo ma orientato a fornire le basi assiomatiche ed i metodi algebrici indispensabili per una comprensione dei principi e delle tecniche che consentano una padronanza anche operativa delle nozioni teoriche. Lo svolgimento degli argomenti è prettamente teorico ed ha carattere spiccatamente matematico, tuttavia le applicazioni dirette di tali concetti astratti sono di notevole interesse pratico.

#### REQUISITI

*Teoria dei segnali, Comunicazioni elettriche.*

#### PROGRAMMA

- Introduzione ai sistemi di comunicazione numerici e modello di Shannon della comunicazione.
- Teoria dell'informazione. Entropia e mutua informazione. Entropia differenziale. Primo e secondo teorema di Shannon. Teorema del *data processing*. Natura discreta dell'informazione.
- Canale discreto privo di memoria e sua capacità di Shannon.
- Teoria dei codici a blocco e loro decodifica. Codici lineari. Condizioni di esistenza: Bound di Shannon, Bound di Singleton, Bound di Plotkin e Bound di Gilbert-Varshamov,.
- Codici ciclici. Codici BCH. Codici di Hamming e codici di Golay.
- Codici di Reed-Solomon.
- Codici di Goppa.
- Valutazione delle prestazioni sul canale BSC. Probabilità di errore.
- Algoritmi di decodifica. Complessità di codificatori e decodificatori.
- Principi di crittografia. Scenario applicativo.
- Crittografia in chiave privata e generatori di verme.
- Crittografia in chiave pubblica.
- Protocolli per la protezione dell'informazione nelle trasmissioni su reti pubbliche o private. Il problema della distribuzione delle chiavi.
- Firma elettronica. Autenticazione e controllo degli accessi.

#### BIBLIOGRAFIA

R.J.McEliece, *The Theory of Information and Coding*, Addison-Wesley, 1977

J.H.vanLint, *Introduction to Coding Theory*, Springer-verlag, 1982

F.J.MacWilliams, N.J.A.Sloane, *The Theory of Error-Correcting Codes*, Addison-Wesley, 1976

T.M.Cover, J.A.Thomas, *Elements of Information Theory*, New York: Wiley, 1991

N.Koblitz, *A Course in Number Theory and Cryptography*, Springer-verlag, 1987

H.vanTilborg, *An Introduction to Cryptology*, Kluwer, 1988

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta sugli argomenti base del programma.

# Corso di laurea in Ingegneria meccanica

## Profilo professionale

Nel formulare piani di studio in accordo con l'ordinamento generale degli studi di Ingegneria DPR 20/5/89, si è previsto un organico insieme di insegnamenti, in grado di fornire agli allievi una solida cultura di base e l'acquisizione dei metodi di studio e di lavoro necessari per lo svolgimento dell'attività di ingegnere industriale meccanico: tenendo conto della lunga ed apprezzata tradizione culturale dell'insegnamento dell'ingegneria meccanica nel Politecnico di Torino, senza sacrificare gli insegnamenti base tipici del Corso di laurea, si è arricchito il *curriculum* di studi con quelle discipline che si sono rese necessarie, sia per semplici motivi di aggiornamento culturale, sia per consentire di affrontare problemi multisettoriali, sia per porre l'ingegnere meccanico in condizione di collaborare efficacemente con ingegneri e tecnici di altra area culturale.

Gli sbocchi professionali previsti per l'ingegnere meccanico sono offerti in larga misura dall'industria, di piccole, medie e grandi dimensioni, e non soltanto da quelle operanti nel settore meccanico, ma anche da quelle operanti nei settori elettrotecnico, aeronautico ed aerospaziale, chimico, tessile, agricolo, etc... In esse l'ingegnere meccanico ha notevoli possibilità di intervento nei settori: ricerca e sviluppo, progettazione, conduzione e gestione di processi produttivi e di grandi impianti.

Neolaureati in Ingegneria meccanica vengono sempre più assunti da società di consulenza aziendali, anche operanti in settori non esclusivamente meccanici, quale il settore terziario. Non mancano le possibilità di esercizio della libera professione, spesso come consulente di enti ed imprese, ovvero quella di impiego presso centri di ricerca pubblici e privati, o presso amministrazioni pubbliche diverse.

Considerando tali prospettive di attività, è possibile percorrere dei *curricula* volti a preparare un ingegnere meccanico che presenti le seguenti caratteristiche:

- sia dotato di una solida preparazione ad ampio spettro che gli consenta di intervenire nella grande varietà di attività ingegneristiche appena citate, con una preparazione mirata a sviluppare le capacità di interpretazione e di schematizzazione di fenomeni fisici anche complessi;
- sia dotato di una cultura matematica tale da consentirgli di affrontare con i moderni strumenti matematici, in modo analitico e numerico, problemi anche di tipo probabilistico;
- abbia la capacità di analizzare le complessità dei fenomeni e di sintetizzarle in modelli di tipo comportamentale e funzionale;
- sia in grado di intendere ragionamenti ed esigenze dei tecnici di altra area culturale;
- sia in grado di inquadrare i processi produttivi del settore in cui opera nel contesto economico locale e nell'ambito della specifica politica economica nazionale.

## Insegnamenti obbligatori

Il riordino degli insegnamenti impartiti nelle Facoltà di ingegneria stabilito dal Decreto del Presidente della Repubblica del 20.5.1989 ha istituito un corso di laurea in Ingegneria meccanica articolato in sette indirizzi riconosciuti in sede nazionale:

- *Automazione industriale e robotica;*
- *Biomedica;*
- *Costruzioni;*
- *Energia;*
- *Materiali* (non attivato nel Politecnico di Torino);
- *Produzione;*
- *Veicoli terrestri;*

consentendo alle singole Facoltà di definire anche altri piani di studio (*curricula*), con egual numero di esami, denominati *orientamenti*, per meglio soddisfare particolari esigenze culturali e di preparazione professionale degli allievi delle singole sedi universitarie, o meglio sfruttare le competenze tecniche e scientifiche acquisite dal corpo docente di ogni sede.

Il Regolamento Didattico della II Facoltà di ingegneria con sede in Vercelli prevede l'articolazione del Corso di laurea nei sette indirizzi su descritti. Allo stato attuale, si configura un percorso didattico articolato in tre indirizzi: *Costruzioni*, *Energia* e *Produzione*, fatta salva la possibilità per gli studenti di inserire nei propri piani di studio materie di altri corsi di laurea, nel rispetto delle regole generali in atto.

Per obbligo generale vigente sul piano nazionale, a seguito di ratifica del Consiglio di Facoltà del nostro Politecnico, sono stati stabiliti come obbligatori 24 insegnamenti. Il numero di esami (annualità) prescritto (29) viene raggiunto con l'inserimento, al quarto e quinto anno di corso, di 5 materie, di cui 3 obbligatorie a livello di indirizzo e 2 da scegliersi in un gruppo di materie proposte, seguendo i criteri specifici che saranno indicati con i manifesti degli studi.

I nomi dei 24 insegnamenti comuni, la collocazione dei diversi insegnamenti nei vari anni di corso ed i prospetti degli insegnamenti previsti per i singoli indirizzi sono indicati nelle tabelle riportate al punto 3.

Commentando il quadro generale, si osserva innanzitutto che il classico gruppo di discipline fisico-matematiche (*Analisi matematica 2*, *Geometria* e *Meccanica razionale*), destinato a fornire una base culturale propedeutica, è stato mantenuto, sia pure con opportuna revisione dei programmi specifici, mantenendo anche la collocazione tradizionale nei primi due anni di corso; nel primo anno di corso sono collocate la *Chimica* ed una prima specifica disciplina dell'ingegneria meccanica, *Disegno tecnico industriale*, che fornisce le prime conoscenze per l'interpretazione e l'esecuzione di disegni industriali.

Nel primo periodo del secondo anno trova collocazione la nuova ma indispensabile materia *Fondamenti di informatica*, destinata a fornire agli allievi le conoscenze in tale

campo oggi necessarie ad ogni tipo di ingegnere, mentre nel secondo periodo, nel corso integrato di *Elettrotecnica e Macchine elettriche*, vengono impartite le nozioni fondamentali in tali settori disciplinari, che eventualmente potranno essere ampliate ed approfondite nell'ambito dei corsi di indirizzo od orientamento. Sempre in tale periodo è collocato l'insegnamento ridotto di *Tecnologia dei materiali e chimica applicata*, che, insieme al successivo corso ridotto di *Tecnologia dei materiali metallici*, fornisce le conoscenze indispensabili nel settore dei materiali.

Il terzo anno prevede invece quattro materie base classiche dell'ingegneria meccanica – *Scienza delle costruzioni, Fisica tecnica, Meccanica applicata alle macchine e Meccanica dei fluidi* – ed alcuni corsi di nuova istituzione: il corso integrato di *Controlli automatici ed Elettronica applicata*, destinato a fornire le nozioni indispensabili nei settori dell'elettronica e dei sistemi di controllo, ed i corsi ridotti di *Disegno di macchine e Tecnologia meccanica 1*, nati da una revisione ed integrazione degli insegnamenti di disegno meccanico e tecnologia meccanica tradizionalmente impartiti.

Nel quarto e quinto anno sono obbligatorie le materie applicative di interesse comune: *Macchine 1 e 2, Tecnologia meccanica 2, Costruzione di macchine, Principi e metodologie della progettazione meccanica, Impianti meccanici*, nonché la materia a carattere economico-organizzativo, obbligatoria sul piano nazionale, nel nostro corso di laurea denominata *Economia ed organizzazione aziendale*, ed opportunamente collocata a conclusione del ciclo formativo dell'allievo ingegnere.

## Quadro didattico degli insegnamenti obbligatori

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
1	<b>U0231</b> Analisi Matematica I <b>U0620</b> Chimica	<b>U2300</b> Geometria <b>U1901</b> Fisica I <b>U1430</b> Disegno Tecnico Industriale
2	<b>U0232</b> Analisi Matematica II <b>U1902</b> Fisica II  <b>U2170</b> Fondamenti di Informatica	<b>U3370</b> Meccanica Razionale <b>U1795</b> Elettrotecnica/Macchine Elettriche (i) <b>U5574</b> Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata (r)
3	<b>U4600</b> Scienza delle Costruzioni  <b>U3230</b> Meccanica dei Fluidi <b>U3210</b> Meccanica Applicata alle Macchine	<b>U0845</b> Controlli Automatici/ Elettronica Applicata (i) <b>U2060</b> Fisica Tecnica <b>U1405</b> Disegno di Macchine/ Tecnologia Meccanica (i) <b>U5584</b> Tecnologia dei Materiali Metallici (r)
4	<b>U3111</b> Macchine I <b>U0940</b> Costruzioni di Macchine <b>X (1)</b>	<b>U5640</b> Tecnologia Meccanica <b>U3112</b> Macchine II <b>X (2)</b>
5	<b>U4020</b> Principi e Metodologie della Progettazione Meccanica  <b>X (3)</b>  <b>X (4)</b>	<b>U2730</b> Impianti Meccanici  <b>U1530</b> Economia ed Organizzazione Aziendale  <b>X (5)</b>

(i) Corso integrato.

(r) Corso ridotto.

Le materie contraddistinte da X1, X2, X3, X4, X5 sono relative a corsi di indirizzo, come previsto dallo Statuto della 2ª Facoltà:

- indirizzo Costruzioni
- indirizzo Energia
- indirizzo Produzione

Ciascun indirizzo è caratterizzato da cinque materie, delle quali tre obbligatorie e due a scelta.

## Insegnamenti di orientamento

### *Indirizzo Costruzioni*

L'indirizzo Costruzioni prevede le materie X1, X2, X3 come obbligatorie:

X1	1	<b>U3385</b>	Meccanica sperimentale/Metallurgia meccanica (i)
X2	2	<b>U4110</b>	Progettazione assistita di strutture meccaniche
X3	1	<b>U3360</b>	Meccanica delle vibrazioni

mentre le materie X4, X5 possono essere scelte tra le seguenti:

1	<b>U0350</b>	Automazione a fluido
1	<b>U2820</b>	Impianti termotecnici
1	<b>UA280</b>	Programmazione e controllo della produzione
1	<b>U5130</b>	Sperimentazione sulle macchine
2	<b>U2460</b>	Gestione industriale della qualità
2	<b>U3850</b>	Oleodinamica e pneumatica
2	<b>U5410</b>	Tecnica del controllo ambientale
2	<b>U3280</b>	Meccanica dei robot (●)
	<b>U3410</b>	Meccatronica (●)

(i) corso integrato

(●) Corsi ad anni alterni

### *Indirizzo Energia*

L'indirizzo Energia prevede le materie X1, X3, X5 come obbligatorie:

X1	1	<b>U0350</b>	Automazione a fluido
X3	1	<b>U2820</b>	Impianti termotecnici
X5	2	<b>U3850</b>	Oleodinamica e pneumatica

mentre le due materie X2, X4 possono essere scelte tra le seguenti:

1	<b>U3360</b>	Meccanica delle vibrazioni
1	<b>U3385</b>	Meccanica sperimentale/Metallurgia meccanica (i)
1	<b>UA280</b>	Programmazione e controllo della produzione
1	<b>U5130</b>	Sperimentazione sulle macchine
2	<b>U2460</b>	Gestione industriale della qualità
2	<b>U4110</b>	Progettazione assistita di strutture meccaniche
2	<b>U5410</b>	Tecnica del controllo ambientale
2	<b>U3280</b>	Meccanica dei robot (●)
	<b>U3410</b>	Meccatronica (●)

(i) corso integrato

(●) Corsi ad anni alterni

**Indirizzo Produzione**

L'indirizzo Produzione prevede le materie X1, X2, X3 come obbligatorie:

X1	1	<b>U0350</b>	Automazione a fluido
X2	2	<b>U2460</b>	Gestione industriale della qualità
X3	1	<b>UA280</b>	Programmazione e controllo della produzione

mentre le materie X4, X5 possono essere scelte tra le seguenti:

1	<b>U2820</b>	Impianti termotecnici
1	<b>U3360</b>	Meccanica delle vibrazioni
1	<b>U3385</b>	Meccanica sperimentale/Metallurgia meccanica (i)
1	<b>U5130</b>	Sperimentazione sulle macchine
2	<b>U3850</b>	Oleodinamica e pneumatica
2	<b>U4110</b>	Progettazione assistita di strutture meccaniche
2	<b>U5410</b>	Tecnica del controllo ambientale
2	<b>U3280</b>	Meccanica dei robot (•)
	<b>U3410</b>	Meccatronica (•)

(i) corso integrato

(•)

## **Programmi degli insegnamenti obbligatori**

### **S/T/U 023 1                      Analisi matematica 1**

Anno: periodo 1:1    Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)  
Docente: *da nominare* (collab.: Andrea A. Gamba)

*[Testo del programma a p. 13]*

### **S/T/U 023 2                      Analisi matematica 2**

Anno: periodo 2:1    Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)  
Docente: Luisa Mazzi (collab.: Alberto Rossani)

*[Testo del programma a p. 15]*

### **S/T/U 062 0                      Chimica**

Anno: periodo 1:1    Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)  
Docente: Mario Vallino (collab.: Roberta Bongiovanni, Monica Ferraris)

*[Testo del programma a p. 20 ]*

**U 084 5****Controlli automatici +  
Elettronica applicata (i)**

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4(6)+2(4)+2 (ore settimanali)

Docente: *da nominare*

Scopo del corso è di introdurre lo studente all'analisi dei sistemi dinamici ed al progetto di semplici sistemi di controllo dando altresì alcune indicazioni sui circuiti elettronici per realizzare tali sistemi.

**REQUISITI**

È richiesta la conoscenza dei contenuti dei corsi di analisi e di fisica.

**PROGRAMMA**

- Introduzione al corso. Strumenti matematici per l'analisi di sistemi dinamici: la trasformata di Laplace. Cenni di modellistica: costruzione di modelli di sistemi elettrici, elettronici, meccanici, elettromeccanici, ecc. Rappresentazione dei sistemi dinamici in variabili di stato e mediante funzione di trasferimento. Algebra dei blocchi. Evoluzione nel tempo dei sistemi dinamici. Matrici di transizione. [12 ore]
- La stabilità dei sistemi dinamici. Stabilità alla Lyapunov e BIBO stabilità. [5 ore]
- Controllabilità e osservabilità dei sistemi dinamici. Forme canoniche. Retroazione degli stati e osservatore degli stati. [8 ore]
- Il controllo in catena aperta e in catena chiusa. Diagrammi di Bode e di Nyquist. Stabilità dei sistemi retroazionati: criterio di Routh-Hurwitz, il criterio di Nyquist. [12 ore]
- La risposta transitoria e a regime dei sistemi dinamici. Specifiche nel dominio del tempo e della frequenza per i sistemi dinamici. Attenuazione dei disturbi parametrici e additivi. Astaticità ai disturbi. [8 ore]
- Progetto di compensatori in serie basati sul diagramma di Bode della funzione di trasferimento di anello. [9 ore]
- Il luogo delle radici. [5 ore]
- Circuiti e dispositivi elettronici per la realizzazione di compensatori e controllori. [4 ore]

**ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni non sono rigidamente distinte dalle lezioni; esse riguardano sia lo svolgimento di esercizi relativi alla teoria illustrata a lezione sia lo sviluppo delle parti più applicative del programma. L'articolazione in punti è identica a quella del programma delle lezioni mentre il tempo dedicato ad ogni argomento è circa la metà o i due terzi di quello indicato per le lezioni corrispondenti.

**LABORATORIO**

Le esercitazioni di laboratorio sono tutte svolte presso il LAIB. Esse devono servire per acquisire i primi rudimenti nell'uso di un moderno programma (MATLAB) per l'analisi

e il progetto di sistemi di controllo. Con l'aiuto di tale programma vengono svolti degli esercizi simili a quelli visti a lezione e nelle esercitazioni in aula, ma vengono anche affrontati problemi più complessi che difficilmente potrebbero essere trattati senza l'ausilio di un calcolatore. Argomenti delle esercitazioni sono:

1. Introduzione all'uso di Matlab e dei suoi comandi.
2. Studiare l'evoluzione nel tempo dei sistemi dinamici.
3. Studiare la stabilità, la controllabilità e l'osservabilità dei sistemi dinamici.
4. Tracciare i diagrammi di Bode ed i diagrammi di Nyquist di varie funzioni di trasferimento.
5. Confronto delle funzioni di trasferimento ad anello aperto e ad anello chiuso. Analisi degli effetti della presenza dell'anello di retroazione.
6. Luogo delle radici e progetto di reti compensatrici.

È prevista una divisione in squadre in relazione alla capienza dei LAIB e una divisione in gruppi di due studenti per ogni macchina. Durante le esercitazioni in laboratorio viene verificata la presenza.

## BIBLIOGRAFIA

Ci sono moltissimi testi che trattano la materia oggetto di questo corso, ma non ce n'è nessuno che tratti tutti gli argomenti svolti a lezione. Per la preparazione del corso il docente ha fatto riferimento principalmente ai testi:

Luenberger, *Linear dynamic systems*, Wiley, New York;

E. Rohrs, J.L. Melsa, D.G. Shultz, *Linear control systems*, McGraw-Hill, New York;

a cui si rimanda per approfondimenti. Tuttavia si consiglia di prendere appunti a lezione. Per ulteriori approfondimenti gli studenti possono far riferimento a:

Rinaldi, *Teoria dei sistemi*, CLUP, Milano.

Ogata, *Modern control engineering*, Prentice-Hall, London.

Fiorio, *Controlli automatici*, CLUT, Torino.

Calimani, A. Lepschy, *Feedback, guida ai cicli di retroazione: dal controllo automatico al controllo biologico*, Garzanti (Strumenti di studio).

## ESAME

Per essere ammessi a sostenere l'esame bisogna avere ottenuto la firma di frequenza. La firma di frequenza non viene concessa a quegli studenti che risultino assenti a più del 70 % delle esercitazioni di laboratorio.

Per essere ammessi a sostenere l'esame bisogna iscriversi, presso la segreteria studenti dei dipartimenti elettrici (davanti all'aula 12) entro le ore 12:00 del terzo giorno lavorativo (a tal fine il sabato è considerato festivo) precedente il giorno in cui si svolge la prima prova dell'appello.

Per essere ammessi a sostenere l'esame bisogna presentarsi all'ora e nel luogo stabilito muniti di statino valido e di libretto o tesserino universitario.

L'esame viene superato svolgendo in modo soddisfacente, negli appelli ufficiali, due prove scritte di cui la prima consiste nel rispondere ad una serie di domande organizzate in forma di "scelta multipla" mentre la seconda è una prova di tipo progettuale svolta in laboratorio. Qualora risultasse impossibile usare i LAIB, la seconda prova verrebbe

svolta in aula. L'ammissione alla seconda prova è condizionata al superamento della prima.

Qualora uno studente superi la prima prova ma non la seconda viene riprovato, tuttavia gli viene riconosciuta la facoltà di sostenere la sola seconda prova in un successivo appello entro la fine dell'anno accademico. In tal caso per la parte relativa alla prima prova fa fede il risultato già acquisito. Si ribadisce che ogni anno, all'inizio delle lezioni del corso, viene azzerata la memoria relativa ad eventuali esami sostenuti solo in parte che devono quindi essere ripetuti integralmente dagli interessati.

Non è previsto che ci si possa ritirare durante le prove.

Durante il corso sono previste tre prove distribuite che sostituiscono la prima prova d'esame.

Durante prove ed esami non è consentito l'uso di appunti eccezion fatta per un foglio formato A4 sul quale lo studente può riportare ogni nota egli ritenga utile. Su tale foglio, strettamente personale, devono essere riportati chiaramente nome, cognome e matricola. È altresì concesso l'uso di un analogo foglio con le sole trasformate di Laplace (e regole di trasformazione) nonché, ove necessari, i diagrammi universali per il calcolo dei compensatori.

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali) +6 (nell'intero periodo)

Docente: Antonio Gugliotta (collab.: Aurelio Somà)

Il corso ha lo scopo di fornire i criteri per il calcolo ed il progetto di organi di macchine fondamentali. Dopo aver descritto i principali modi di collasso di strutture e di loro componenti (statico, fatica, meccanica della frattura, *creep*), viene illustrato il progetto e la verifica di organi semplici, secondo le normative vigenti, quali assi ed alberi, organi di trasmissione del moto, ruote dentate, collegamenti smontabili e fissi.

### REQUISITI

Per frequentare il corso con profitto lo studente deve aver appreso ed assimilato i contenuti degli insegnamenti di *Scienza delle costruzioni*, *Disegno meccanico*, *Meccanica applicata*, *Disegno di macchine + Tecnologia meccanica*.

### PROGRAMMA

- Richiami dello stato di tensione: equilibrio dei vettori tensione; tensore delle tensioni; componente normale e tangenziale; tensioni e direzioni principali. Tensore sferico e tensore deviatore, tensione ottaedrica, cerchi di Mohr, caso dello stato di tensione bidimensionale. Richiami dello stato di deformazione. Leggi costitutive dei materiali. [5 ore]
- Prove sui materiali; unificazione italiana, parametri ingegneristici e reali. Livello di pericolosità dello stato di tensione. Modelli di collasso; stato di tensione equivalente; Ipotesi di rottura. Confronto e limiti di validità delle varie ipotesi. Coefficiente di sicurezza. Metodologia di progetto. [4 ore]
- Fatica dei materiali metallici; parametri caratteristici. Prove di fatica, diagramma di Whoeler; principali fattori influenzanti la fatica; influenza della tensione media; coefficiente di sicurezza a fatica. Stato di tensione triassiale. Danneggiamento cumulativo, ipotesi di Miner. Effetto d'intaglio; descrizione e analisi dei casi più frequenti, classificazione dell'effetto d'intaglio, fattori di concentrazione delle tensioni in campo statico e a fatica; diagrammi di calcolo, intagli multipli; fattore di sensibilità all'intaglio  $q$ . [11 ore]
- Meccanica della Frattura Lineare Elastica (MFLE); teoria di Griffith; stato di tensione all'apice della cricca, equazioni di Westergaard; esempi di calcolo di  $K_I$ . Stato di deformazione all'apice della cricca, zona plastica; tenacità alla frattura, validità della MFLE; prove sperimentali, norme ASTM e UNI. Applicazione alla progettazione ed alla verifica in campo statico. Calcolo della propagazione del difetto, legge di Paris; effetto della tensione media, modello di Wheeler del ritardo, carico *random*, spettro di carico. Piani di controllo. [8 ore]
- *Creep*, descrizione del fenomeno fisico, applicazioni; metodi di previsione del *creep*: metodi sperimentali; ipotesi di calcolo; teorie empiriche; *creep* uniassiale; *creep* cumulativo. [2 ore]

- Contatto localizzato tra corpi solidi; teoria di Hertz, area di contatto, pressione di contatto, tensioni ideali; casi particolari sfera-sfera, cilindro-cilindro, sfera - pista per cuscinetto a sfere. Calcolo a durata dei cuscinetti; coefficiente di carico statico e dinamico; carico equivalente statico e dinamico. Descrizione e calcolo degli accoppiamenti scanalati secondo normativa UNI. [5 ore]
- Ruote dentate: proporzionamento normale e unificato; Calcolo dello strisciamento specifico; correzione delle ruote dentate. Calcolo di resistenza delle dentature; verifica a flessione e alla massima pressione specifica; verifica al grippaggio. [5 ore]
- Solidi assialsimmetrici spessi: applicazione al calcolo del collegamento forzato mozzo-albero e relazioni tra il calcolo ed il sistema ISO di accoppiamenti unificati; effetto della rugosità. [2 ore]
- Collegamento smontabile mediante viti; tipi di filettatura; momento di serraggio; calcoli di resistenza dei collegamenti bullonati; diagramma di forzamento, forze sulle viti, verifica a fatica. [2 ore]
- Collegamenti fissi: collegamenti saldati, applicazione delle normative, descrizione dei vari metodi di saldature ad arco elettrico, manuale, MIG, TIG; difetti nelle saldature. Determinazione dei carichi sulle saldature. Calcolo di resistenza delle giunzioni saldate secondo normativa UNI. [4 ore]
- Calcolo e verifica delle molle. [2 ore]

## ESERCITAZIONI

Durante le esercitazioni verrà sviluppata la progettazione e/o verifica di singoli componenti delle macchine e del complessivo di un gruppo meccanico. Le esercitazioni saranno svolte raggruppando gli studenti in squadre. Ciascuna squadra dovrà preparare una relazione contenente la risoluzione dettagliata dei problemi proposti. La firma di frequenza è subordinata alla partecipazione attiva alle esercitazioni.

1. Calcolo dello stato di tensione in assi e alberi; determinazione delle sezioni più sollecitate; tracciamento dei cerchi di Mohr; calcolo delle tensioni principali; progettazione in campo statico.
2. Determinazione del limite di fatica con il metodo *stair-case*. Costruzione del diagramma di Smith-Goodman; progettazione a fatica di assi e alberi; verifica con effetto d'intaglio.
3. Verifica di un componente a frattura fragile.
4. Scelta e calcolo di verifica dei cuscinetti. Calcolo dei collegamenti scanalati.
5. Progetto e verifica di ruote dentate, calcolo dello strisciamento specifico, calcolo di resistenza.
6. Progetto di massima di un gruppo meccanico.

## LABORATORIO

Prove statiche e di fatica; controlli non distruttivi; Laib CAD/CAM.

## BIBLIOGRAFIA

A. Gugliotta, *Appunti del corso*.

R.C. Juvinall, K.M. Marshek, *Fondamenti della progettazione dei componenti delle macchine*, ETS, Pisa.

J.A. Collins, *Failure of materials in mechanical design*, Wiley.

A. Gugliotta, *Introduzione alla meccanica della frattura lineare elastica*, Levrotto & Bella.

D. Broek, *Elementary engineering fracture mechanics*, 4th ed., Nijhoff.

J.E. Shigley, *Mechanical engineering design*, 3rd ed., McGraw-Hill.

## ESAME

L'esame consiste in una prova scritta seguita da una prova orale. Per accedere alla prova orale è necessario superare la prova scritta con un punteggio di almeno 15/30. La prova scritta, sostenuta senza l'ausilio di libri o appunti, consiste in esercizi sugli argomenti illustrati a lezione o durante le esercitazioni. Se il voto della prova scritta è inferiore a 25/30 (escluso) l'allievo potrà trasformarlo direttamente in voto definitivo previa una verifica orale sul contenuto delle esercitazioni e del progetto svolti durante l'anno. Per voti uguali o maggiori a 25/30 è d'obbligo, oltre alla verifica delle esercitazioni e del progetto, anche una prova orale sugli argomenti illustrati a lezione. L'allievo che lo desidera può comunque sostenere la prova orale. I risultati della prova scritta e dell'eventuale prova orale verranno mediati. Per la partecipazione all'esame è necessario presentare le relazioni relative alle esercitazioni ed al progetto.

Sono previste, per gli studenti iscritti al corso, due prove scritte di esonero; la prima relativa alle metodologie di progetto, la seconda riguardante gli aspetti di progettazione e verifica strutturale degli elementi delle macchine. Alla fine del corso è prevista, per chi ha sostenuto le prove di esonero, una prova di esame orale secondo le modalità descritte in precedenza. Per accedere alla seconda prova di esonero il candidato deve aver superato la prima prova scritta con almeno una votazione di 15/30. Per accedere alla prova orale il candidato deve aver superato entrambe le prove di esonero con almeno una votazione di 15/30.

**U 140 5****Disegno di macchine +  
Tecnologia meccanica (i)**

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+6 (ore settimanali)

Docente: Maurizio Orlando

Il corso sviluppa e completa le nozioni impartite nell'insegnamento di *Disegno tecnico industriale* e inquadra i principi basilari della progettazione meccanica e della lavorabilità dei materiali nell'ottica delle tecnologie di lavorazione più diffuse.

**REQUISITI**

*Analisi matematica 1, Fisica 1, Disegno tecnico industriale.*

**PROGRAMMA**Primo modulo, Disegno tecnico industriale

- Saldature e chiodature.
- Assi e alberi.
- Collegamenti albero - mozzo: chiavette, linguette, spine. Alberi scanalati.
- Cuscinetti radenti e volventi. Criteri per il montaggio.
- Ingranaggi cilindrici e conici a denti diritti e obliqui. Rotismi. Rotismi epicicloidali.
- Molle: di flessione, di torsione, di trazione-compressione.
- Cenni sugli alberi a gomito e sulle bielle.

Secondo modulo, Tecnologia meccanica

- Richiami sullo stato di tensione in un punto e tensore degli sforzi.
- Richiami sullo stato di deformazione in un punto e tensore delle deformazioni.
- Leggi di Hooke generalizzate.
- Criteri di plasticizzazione di Tresca e di Von Mises.
- Deformazioni finite e tensore degli incrementi infinitesimi di deformazione.
- Lavoro di deformazione plastica.
- Prova di trazione e instabilità plastica.
- Definizione di tensione e deformazione efficace. Generalizzazione del diagramma ( $\sigma, \epsilon$ ).
- Richiami su strutture e proprietà di materiali metallici e leghe.
- Diagramma di stato Fe-C e trattamenti termici dell'acciaio.
- Acciai da costruzione e acciai per utensili.

**ESERCITAZIONI**

Illustrazione mediante esempi ed esercizi degli argomenti trattati a lezione.

**BIBLIOGRAFIA**

Testi di riferimento:

F.E. Gieseke [et al.], *Technical drawing*, Maxwell Macmillan.

S. Kalpakjian, *Manufacturing processes for engineering materials*, Addison Wesley.

Testi ausiliari:

F. Mazzoleni, *Introduzione alla tecnologia dei materiali*, UTET.

Fotocopie e appunti del docente.

ESAME

Una prova scritta e una prova orale.

Anno: periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4+(2) (ore settimanali)

Docente: Maurizio Orlando

Lo scopo del corso è fornire agli allievi i fondamenti moderni del disegno tecnico, inteso nell'accezione più vasta di attività finalizzata alla produzione di una documentazione tecnica corretta, consistente e non ambigua relativa all'intero ciclo di produzione, a partire dalla fase prototipale fino alla fase del controllo di qualità. Una parte consistente del corso è centrata sul *tolerancing* lineare, geometrico e funzionale (GD&T), di grande importanza nell'odierno contesto dell'*interchangeable manufacturing*.

L'ultima parte del corso è dedicata alla teoria ed alla pratica del CAD. Per quanto riguarda la parte teorica vengono impartite le tecniche di base della grafica computazionale tecnica e vengono spiegati gli algoritmi ottimizzati per la rasterizzazione delle primitive grafiche e le trasformazioni di enti geometrici nel piano e nello spazio. Per quanto riguarda la parte pratica, gli allievi vengono addestrati a modellizzare correttamente, con l'ausilio di un CAD bidimensionale, gli stessi disegni realizzati nella prima parte a mano libera.

#### REQUISITI

*Analisi matematica 1* (per la parte di disegno automatico).

#### PROGRAMMA

1. La normativa ISO. L'unificazione italiana. Le nuove problematiche del disegno tecnico nel contesto della moderna industria meccanica. [2 ore]
2. I metodi classici di rappresentazione: assonometrie, proiezioni ortogonali, sezioni. [8 ore]
3. La quotatura: principi di quotatura, sistemi di quotatura e quotatura funzionale. [4 ore]
4. Cenni sulle principali macchine utensili e sui cicli di lavorazione. Cenni sulle macchine NC. Tolleranze lineari e geometriche (GD&T); quotatura tecnologica e metrologica; concetto di calibro funzionale. Materiali metallici unificati e relativa designazione a norma. [12 ore]
5. Collegamenti filettati, collegamenti fissi albero - mozzo. [4 ore]
6. Le motivazioni del CAD; il CAD nella moderna industria meccanica. Sistemi grafici computerizzati (SGC): descrizione funzionale. [4 ore]
7. Algoritmi ottimizzati per la conversione *raster* delle primitive grafiche: punto, retta, circonferenza, *fill-area* (*flood* e *boundary filling*). [4 ore]
8. Le trasformazioni di entità geometriche nel piano e nello spazio. Trasformazioni di sistema. Trasformazione di visualizzazione: *windowing*, *viewing*, *clipping* piano. *Tilting* spaziale e applicazioni alle macchine NC. [6 ore]
9. Le tecniche di designazione con il CAD: spiegazione con dimostrazioni proiettate su schermo in aula su come creare disegni CAD di complessità crescente, quotati e tollerati. [8 ore]

In corso d'anno è prevista la proiezione in aula di videocassette relative ai più diffusi processi di lavorazione tradizionali e ad alcuni processi innovativi nell'ambito dell'industria meccanica.

### ESERCITAZIONI

Gli allievi vengono divisi in due squadre che svolgono un identico programma. Le esercitazioni consistono nella realizzazione, preferibilmente a mano libera, di disegni di pezzi meccanici, quotati e tollerati, di complessità crescente. Nei disegni vengono applicati i concetti spiegati a lezione. Le ultime due tavole consistono nella rappresentazione di due complessivi e dei relativi particolari con le indicazioni di quote e tolleranze. Le tavole, assegnate con cadenza settimanale per l'intero periodo didattico, vengono corrette e siglate dal docente.

### LABORATORIO

Nell'ultima parte del corso vengono ad aggiungersi alle ore di esercitazione due ore settimanali per squadra di laboratorio CAD. Gli studenti realizzano modelli CAD di particolari meccanici, provvisti di quote e tolleranze.

### BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Per la parte di disegno tecnico:

*M.1, Norme per il disegno tecnico. Vol. 1 e 2*, UNI, Milano; dispense fornite dal docente.

Per la parte di disegno automatico: dispense fornite dal docente.

È in preparazione un libro di testo a cura del docente.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

Steven Harrington, *Computer graphics*, McGraw-Hill.

David F. Rogers, *Principi di programmazione grafica*, Tecniche Nuove.

### ESAME

Uno scritto costituito da una prova grafica e da domande sul CAD, più una prova orale su tutto il programma svolto. Durante la prova scritta non è consentito fare uso di testi o appunti. La valutazione finale rappresenta la media fra le valutazioni dello scritto e dell'orale.

Vengono assegnati due accertamenti scritti in corso d'anno. Sono ammissibili agli accertamenti gli studenti regolari e frequentanti. Sono ammissibili al secondo accertamento solo gli studenti che hanno ottenuto esito positivo nel primo accertamento. Gli studenti che, pur avendo ottenuto esito positivo nel primo accertamento, falliscono il secondo dovranno sostenere l'intero esame. Gli studenti che superano entrambi gli accertamenti hanno diritto all'esonero dalla prova scritta d'esame. Tale diritto viene a decadere con l'inizio del nuovo anno accademico.

La valutazione finale rappresenta la media fra le valutazioni degli accertamenti sostenuti in corso d'anno e la prova orale.

Anno:periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)  
78+26 (nell'intero periodo)

Docente: Francesco Profumo

Il corso sarà articolato in lezioni ed esercitazioni per un numero complessivo di 8 ore per settimana, per 13 settimane. Il corso dopo una breve introduzione sulle principali applicazioni industriali in cui sono utilizzati componenti elettrici, tratta le reti in regime stazionario e quasi stazionario, gli aspetti applicativi della teoria dei campi magnetici, gli elementi di impianti e sicurezza elettrica ed elementi di macchine elettriche.

#### PROGRAMMA

Note introduttive. Definizione di sistemi elettrici e degli elementi costituenti: generatori, motori, trasformatori, linee elettriche. . [2 ore]

Reti elettriche in regime stazionario e quasi stazionario. Grandezze elettriche fondamentali nei sistemi a parametri concentrati (tensione, corrente, potenza elettrica) e loro proprietà. Regimi di funzionamento. Metodo simbolico. Concetto di bipolo e di reti di bipoli. Bipoli basi. Metodi di analisi delle reti di bipoli basi in regime stazionario e sinusoidale: principi di Kirchoff, sovrapposizione degli effetti, teorema di Thévenin e teorema di Millmann.

Potenza istantanea, attiva, reattiva e apparente. Rifasamento. Cenni sugli strumenti di misura. Fenomeni transitori elementari.

Sistemi trifasi: tipologia e caratteristiche. Sistemi trifasi simmetrici ed equilibrati: rifasamento, misure di potenza con inserzione Aron. [40 ore]

Aspetti applicativi della teoria dei campi magnetici. Campo magnetostatico: richiami sulle proprietà dei materiali ferromagnetici dolci e duri. Circuiti magnetici. Magneti permanenti. Cenni sui circuiti magnetici non lineari. Calcolo di auto- e mutue induttanze nei più comuni componenti elettrici.

Campi magnetici quasi stazionari: forze elettromotrici indotte, definizione del potenziale elettrico. Aspetti energetici dei campi elettromagnetici in bassa frequenza: energia immagazzinata, perdite per isteresi e correnti parassite.

Conversione elettromeccanica: sistemi a riluttanza. [10 ore]

Elementi di impianti e sicurezza elettrica. Campo statico di corrente: impianti di messa a terra e normative antinfortunistiche, misure sugli impianti di terra. Dimensionamento e protezione delle condutture. Impianti in bassa tensione. Relè differenziali e applicazioni. [6 ore]

Elementi di macchine elettriche. Trasformatori monofase: principio di funzionamento, caratteristiche e loro identificazione, modalità costruttive e di impiego. Trasformatori trifase. Autotrasformatori. Trasformatori di misura.

Macchine ad induzione trifase. Campo magnetico rotante. Principio di funzionamento e caratteristica coppia-velocità. Avviamento e regolazione della velocità. Motori monofase.

Macchine a corrente continua. Tipologie e caratteristiche costruttive. Caratteristica coppia-velocità. Regolazione della velocità. [20 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testi di consultazione:

L. Olivieri, E. Ravelli, *Principi ed applicazioni di elettrotecnica. Vol. 1 e 2*, CEDAM, Padova.

A. Boglietti, L. Elia, F. Profumo, M. Rosa, *Esercizi di elettrotecnica : con richiami di teoria*, Levrotto & Bella, Torino.

#### ESAME

L'esame sarà distribuito durante il semestre e sarà articolato in: 4 esercitazioni a casa che saranno corrette e valutate (25 % del voto finale), un primo compito a metà corso (35 % del voto finale) ed un secondo compito a fine corso (40 % del voto finale). In caso di esito globale positivo, l'esame si riterrà superato. L'esame, fuori dal semestre sarà articolato in una prova scritta (durata 3 ore) ed in una prova orale.

**T/U 153 0****Economia ed organizzazione  
aziendale**

Anno: periodo 5:2

Docente: Luigi Buzzacchi

*[Testo del programma a p. 111 ]***S/T/U 190 1****Fisica 1**

Anno: periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2+6 (ore settimanali)

Docente: *da nominare**[Testo del programma a p.29 ]***S/T/U 190 2****Fisica 2**

Anno: periodo 2:1

Docente: Michelangelo Agnello

*[Testo del programma a p.32 ]*

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+4 (ore settimanali)  
65+52+4 (nell'intero periodo)

Docente: Gian Vincenzo Fracastoro (collab.: Marco Perino)

Il corso di *Fisica tecnica* stabilisce un collegamento fra i corsi del biennio e quelli del triennio fornendo agli allievi le metodologie di base per l'analisi dei problemi di termodinamica applicata, trasporto di calore e di massa e le principali nozioni di base di illuminotecnica ed acustica. Tali argomenti sono propedeutici ai corsi di *Tecnica del controllo ambientale ed Impianti termotecnici*.

### REQUISITI

*Fisica 1 e 2, Meccanica dei fluidi.*

### PROGRAMMA

- Generalità, definizioni. Reversibilità e irreversibilità. Lavoro. Calore. Primo Principio per sistemi chiusi e aperti. Energia interna ed entalpia.
- Secondo Principio. Entropia. Enunciati vari. Rendimento delle macchine termiche. Ciclo di Carnot. COP macchine inverse. Exergia. Equazione dell'energia in forma meccanica. Proprietà dei diagrammi  $(p,v)$  e  $(T,s)$ . Trasformazioni isentalpiche. Cicli dei gas ideali: Otto, Diesel, Stirling. Cicli inversi a gas.
- Liquidi e vapori. Diagramma di Amagat. Diagramma di Mollier. Ciclo Rankine-Hirn. Modalità di ottimizzazione del ciclo Rankine. Cicli inversi a compressione.
- Cicli inversi ad assorbimento. Gas di Van der Waals. Psicrometria. Diagramma di Mollier aria umida.
- Trasformazioni aria umida. Impianti condizionamento.
- Moto dei fluidi. Resistenze al moto. Moti per differenza di densità. Generalità su conduzione, convezione e irraggiamento.
- Conduzione. Legge di Fourier. Equazione generale della conduzione. Problemi in coordinate rettangolari e cilindriche e con diverse condizioni al contorno. Trasitori termici.
- Scambiatori di calore. Generalità e calcolo del profilo di temperatura in scambiatori in linea. Metodo NUT. Alette di raffreddamento.
- Convezione. Strato limite. Convezione forzata. Convezione naturale. Intercapedini.
- Irraggiamento. Corpo nero e sue leggi. Scambio termico per irraggiamento fra corpi neri e grigi.
- Acustica. Grandezze fondamentali. Velocità del suono. Acustica fisiologica.
- Fonoassorbimento. Tempo di riverberazione. Fonoisolamento Cenni di fonometria. Livello equivalente.
- Fotometria e colorimetria. Sorgenti luminose. Illuminamento da sorgente puntiforme e superficiale.

## ESERCITAZIONI

Oltre a numerosi esercizi applicativi verranno svolte quattro tesine aventi per oggetto i seguenti temi:

1. definizione dei parametri fondamentali (capisaldi, energie scambiate, rendimenti) di un ciclo Joule;
2. definizione dei parametri fondamentali (capisaldi, energie scambiate, rendimenti) di un ciclo Rankine;
3. studio fluidodinamico e termico di un generatore di vapore;
4. misura del livello equivalente e del tempo di riverberazione acustica in un locale.

## BIBLIOGRAFIA

G.V. Fracastoro, *Dispense del Corso*, 1995.

I. Barducci, *Collana di fisica tecnica. Vol. 3., Fotometria e colorimetria e 4., Acustica applicata*, Masson, Milano, 1994.

C. Boffa, P. Gregorio, *Elementi di fisica tecnica*, Levrotto & Bella, Torino, 1980.

A. Cavallini, L. Mattarolo, *Termodinamica applicata*, CLEUP, Padova, 1992.

C. Bonacina, A. Cavallini, L. Mattarolo, *Trasmissione del calore*, CLEUP, Padova, 1991.

P. Gregorio, *Esercizi di fisica tecnica*, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

## ESAME

- Esonero di termodinamica durante il corso (entro la 9. settimana). Scritto + orale di termocinetica, acustica e illuminotecnica in un appello qualunque.
- Scritto + orale di termodinamica entro la sessione di luglio. Scritto + orale di termocinetica, acustica e illuminotecnica in un appello qualunque.
- Scritto + orale di tutti gli argomenti del corso in un appello qualunque.

Per presentarsi all'esonero di termodinamica, che si svolgerà in forma scritta, è necessario aver frequentato regolarmente il corso e aver consegnato preventivamente le relative tesine. La consegna delle tesine è obbligatoria anche per presentarsi agli appelli di esame successivi. Per accedere alla prova orale è necessario superare lo scritto con un punteggio superiore a 15/30. I vari accertamenti (esoneri, tesine, scritti, orali) effettuati durante e dopo il corso concorrono tutti a formare il voto finale.

**S/U 217 0****Fondamenti di informatica**

Anno:periodo 2:1

Docente: Claudio Demartini (collab.: Luca Durante)

*[Testo del programma a p. 34 ]***S/T/U 230 0****Geometria**

Anno:periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Giulio Tedeschi (collab.: Maria Luisa Spreafico)

*[Testo del programma a p. 37 ]*

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: *da nominare*

Il corso si prefigge lo scopo di fornire agli allievi gli elementi indispensabili per poter procedere, preliminarmente, alla progettazione di massima degli impianti industriali e, successivamente, alla gestione ed esercizio degli impianti stessi giungendo, da ultimo, all'esame delle implicazioni giuridico-amministrative conseguenti a siffatte attività.

Ad integrazione e completamento di quanto sopra, vista l'impossibilità da parte degli allievi di procedere ad ulteriori approfondimenti nel settore impiantistico, vengono sviluppati temi che riguardano la manutenzione, le forme di finanziamento, l'impatto ambientale, i trasporti su rotaia e per via d'acqua, ecc. I diversi argomenti vengono affrontati in via teorica passando, quindi, alla fase di applicazione pratica, evidenziandone, infine, gli aspetti economico-finanziari.

#### REQUISITI

Si ritiene necessario che gli allievi abbiano superato gli esami di profitto dei corsi di *Scienza delle costruzioni, Fisica tecnica, Meccanica applicata alle macchine e Meccanica dei fluidi.*

#### PROGRAMMA

- Progettazione degli impianti industriali, criteri generali.
- Unità di carico, cicli di lavoro, *plant layout*.
- Depositi e magazzini.
- Scelte ubicazionali; strumenti urbanistici e PPA; catasto, conservatoria dei registri immobiliari; servitù, ipoteche e privilegi.
- Impianti di sollevamento e trasporto (interni ed esterni allo stabilimento).
- Servizi generali ed ausiliari (acque potabili ed industriali, aria compressa, energia elettrica, illuminazione, antincendio, telematica, ecc.).
- Acque primarie e reflue, trattamenti, ricircoli.
- Polluzioni atmosferiche, aspirazione, filtrazione, ecc.
- Rumori e vibrazioni, isolamento, attenuazione, ecc.
- Metodologie statistiche, tecniche di ricerca operativa, ecc.
- Ammortamenti, deprezzamenti, valutazioni. ecc.
- La manutenzione: scopi e tipologie.
- La struttura bancaria italiana e straniera; il finanziamento delle opere; le leggi speciali; tassi agevolati ed indicizzati.
- Il *leasing* e la legge n. 1329/65 (Sabatini).
- Gli impianti speciali; i trasporti ferroviari e per via d'acqua (moto ondoso, porti, ecc.).
- L'impatto ambientale e la sua valutazione (matrice di Leopold, ecc.).
- Le applicazioni industriali degli acceleratori di particelle.

## ESERCITAZIONI

Concernono la progettazione esecutiva di alcuni componenti (dalle strutture all'impianto elettrico, dalle reti fognarie all'impianto di distribuzione di aria compressa, ecc.) costituenti un complesso produttivo, di cui si assegnano agli allievi le necessarie caratteristiche.

Alcune visite sopralluogo ad impianti funzionanti od in corso di realizzazione consentono di verificare direttamente quanto sviluppato nell'ambito delle lezioni e delle esercitazioni.

## BIBLIOGRAFIA

Armando Monte, *Elementi di impianti industriali*, Cortina, Torino.

## ESAME

I temi svolti durante le esercitazioni, continuativamente esaminati e discussi, sono oggetto di verifica finale onde poter accedere all'esame di profitto. Questo consiste in una prova orale destinata all'accertamento della preparazione del candidato mediante domande riguardanti gli argomenti trattati a lezione; il voto finale dipende dagli esiti della predetta verifica e della prova orale.

Anno:periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali) +10 (nell'intero periodo)

Docente: Claudio Dongiovanni (collab.: Claudio Negri)

Il corso tratta essenzialmente la problematica delle turbomacchine e delle macchine volumetriche nonché, più in generale, dei sistemi energetici in cui sono inserite, con particolare riferimento agli impianti motori a vapore, agli impianti a ciclo combinato gas-vapore, ai compressori di gas e ai sistemi idraulici per la produzione e trasmissione di energia. Il corso parte sia dai principi di termodinamica applicata, esaminata dal punto di vista che più interessa nello studio delle macchine a fluido, sia dai concetti fondamentali della meccanica dei fluidi e delle sue applicazioni alle turbomacchine. Oltre ai mezzi che consentono le opportune scelte e calcolazioni richieste all'utilizzatore, il corso intende anche fornire le nozioni di base per la progettazione termofluidodinamica delle macchine e per approfondire settori più specialistici, quali, ad esempio, tenute a labirinto, valvole, modelli dinamici, regolazione, ecc.

Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni in aula, visite ad impianti e ditte costruttrici di macchine a fluido.

#### REQUISITI

*Fisica tecnica, Meccanica dei fluidi, Meccanica applicata alle macchine.*

#### PROGRAMMA

*Fonti energetiche, principi di termodinamica applicata e di fluidodinamica.* [11 ore]

– Classificazione delle principali fonti energetiche. Fonti energetiche rinnovabili o meno; impatto ambientale. Principio di conservazione dell'energia. Trasformazioni e cicli termodinamici. Principio di evoluzione dell'energia. Bilancio energetico ed exergetico. Equazioni integrali del moto dei fluidi: leggi di conservazione della massa, della quantità di moto, del momento della quantità di moto e dell'energia.

*Introduzione alle turbomacchine.* [2 ore]

– Generalità e classificazione: turbomacchine assiali, radiali e miste. Applicazione alle turbomacchine delle leggi fondamentali della termodinamica energetica e della fluidodinamica. Analisi unidimensionale e triangoli delle velocità.

*Ugelli e diffusori.* [6 ore]

– Velocità del suono e proprietà di ristagno in una corrente fluida. Analisi del flusso adiabatico ed isoentropico di una corrente unidimensionale stazionaria. Pressione critica e condizioni di criticità. Funzionamento di ugelli e diffusori in condizioni di progetto e "fuori progetto". Flusso reale di una corrente unidimensionale stazionaria. Rendimento di ugelli e diffusori.

*Schemi di impianti, cicli termodinamici, problemi fondamentali negli impianti di turbine a vapore e a ciclo combinato gas-vapore.* [10 ore]

– Rendimenti e consumi specifici negli impianti motori termici. Ciclo di Rankine-Hirn e mezzi per aumentarne il rendimento. Scambiatori di calore a superficie e a miscela; degasatori. Impianti a cicli sovrapposti. Ricupero e potenziamento di

impianti preesistenti. Impianti a cogenerazione e a ciclo combinato gas-vapore. Accumulatori di vapore. Impianti geotermoelettrici e nucleotermoelettrici.

*Turbomacchine motrici e turbine a vapore.* [20 ore]

- Perdite fluidodinamiche nelle turbomacchine. Rendimento interno di uno stadio di turbina e di una turbina multipla. Profili delle pale nelle turbomacchine. Valutazione dei parametri di flusso unidimensionale nelle turbomacchine. Analisi unidimensionale del flusso in uno stadio di turbina. Grado di reazione. Analisi pluridimensionale del flusso in uno stadio di turbina. Teoria dell'equilibrio radiale e svergolamento a vortice libero di una palettatura. Turbina assiale semplice ad azione ed a salti di velocità. Turbina assiale a salti di pressione. Turbina assiale a reazione. Criteri di progetto ed ottimizzazione del rendimento nelle turbine assiali. Turbine navali. Organizzazione delle turbine a vapore multiple. Sollecitazioni delle palette di turbine assiali. Calcolo ed equilibramento della spinta assiale sul rotore di una turbina. Mezzi di tenuta nelle turbomacchine: tenute a labirinto. Calcolo dell'efflusso subcritico e critico da tenute a labirinto assiali. Organizzazione delle tenute a labirinto. Turbine radiali monostadio e multistadio. Turbine radiali birotative.

*Funzionamento di una turbina in condizioni diverse da quelle di progetto.* [10 ore]

- Analisi delle prestazioni "fuori progetto" di una palettatura di turbina. Postespansione. Parametri adimensionati del flusso in una turbomacchina. Similitudine fluidodinamica. Rappresentazione del campo di prestazioni di una turbina e cono dei consumi. Calcolo approssimato delle prestazioni di una turbina "fuori progetto". Caratteristica meccanica di una turbina. Coppia allo spunto e velocità di fuga.

*Regolazione delle turbine a vapore e condensatore di vapore.* [13 ore]

- Criteri di utilizzazione e regolazione degli impianti a vapore. Regolazione per laminazione, per parzializzazione, per sorpasso lato vapore e lato acqua. Regolazione in ciclo combinato. Campo di regolazione di una turbina a contropressione e ad estrazione. Criteri di proporzionamento delle valvole negli impianti a vapore. Problemi funzionali nella regolazione delle turbine a vapore.
- Condensatori di vapore a superficie e a miscela. Dimensionamento dei tubi e dei materiali nei condensatori a superficie. Condensatori ad aria. Condensatori tipo Heller.

*Compressori di gas.* [20 ore]

- Classificazione, aspetti costruttivi e principi di funzionamento di turbocompressori di gas e ventilatori. Calcolo delle prestazioni nei turbocompressori. Parametri adimensionati di funzionamento nei turbocompressori. Compressione interrefrigerata. Caratteristica manometrica di ventilatori e turbocompressori di gas radiali. Punto di funzionamento, pompaggio e stallo di un turbocompressore. Criteri di scelta di un turbocompressore di gas: fattore di carico. Dimensionamento di massima di un turbocompressore centrifugo. Turbocompressori assiali. Regolazione dei turbocompressori. Generalità sui compressori volumetrici. Compressore alternativo monostadio a semplice effetto. Scambi termici con le pareti, temperatura di mandata, distribuzione nei compressori alternativi. Compressori alternativi pluristadio. Regolazione dei compressori alternativi monostadio. Compressori rotativi a palette. Compressori rotativi Roots. Regolazione dei compressori rotativi.

*Macchine idrauliche.* [14 ore]

- Generalità, potenza e rendimenti delle turbine idrauliche. Parametri di similitudine e caratteristiche di funzionamento. Numero di giri specifico e caratteristico. Turbine Pelton, Francis, ad elica e Kaplan.
- Generalità, potenza e rendimenti delle turbopompe. Parametri di similitudine e caratteristiche di funzionamento. Numero di giri specifico e caratteristico. Turbopompe centrifughe, assiali e miste. Problemi di avviamento ed installazione. Cavitazione.
- Pompe e motori volumetrici idraulici.

#### *Trasmissioni idrauliche.* [6 ore]

- Principi di funzionamento delle trasmissioni idrostatiche. Principi di funzionamento delle trasmissioni idrodinamiche. Giunti idrodinamici: prestazioni e curve caratteristiche. Campo di applicazione dei giunti idrodinamici. Convertitori idrodinamici di coppia: prestazioni e curve caratteristiche. Campo di applicazione dei convertitori idrodinamici di coppia.

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula consistono nello svolgimento di esercizi e problemi applicativi dei concetti sviluppati a lezione ed hanno lo scopo sia di fornire gli ordini di grandezza dei vari parametri, sia di migliorare il grado di approfondimento. Argomenti delle esercitazioni:

Proprietà termodinamiche dei fluidi, trasformazioni dei gas perfetti e diagrammi termodinamici. Applicazioni del primo e del secondo principio della termodinamica. Ugelli e diffusori. Impianti a vapore. Accumulatori di vapore. Turbine a vapore assiali. Turbine a vapore radiali. Calcolo dell'efflusso subcritico e critico da tenute a labirinto. Funzionamento "fuori progetto" delle turbine. Regolazione impianti a vapore. Condensatori. Turbocompressori centrifughi. Turbocompressori assiali. Regolazione dei turbocompressori. Compressori volumetrici a stantuffo e loro regolazione. Compressori volumetrici rotativi a palette e Roots e loro regolazione. Turbine idrauliche Pelton, Francis e Kaplan. Turbopompe. Cavitazione nelle macchine idrauliche. Trasmissioni idrauliche. Giunti idrodinamici. Convertitori idraulici di coppia. Viaggio d'istruzione. È prevista la visita allo stabilimento Ansaldo di Legnano (MI); tale visita permette all'allievo di prendere visione diretta degli impianti di macchine a fluido, dei componenti, nonché dei procedimenti costruttivi di questi ultimi.

### BIBLIOGRAFIA

- A.E. Catania, *Complementi di Macchine*, Levrotto & Bella, Torino, 1979.
- A.E. Catania, *Turbocompressori*, ACSV (Appunti dai Corsi Seminari di Vercelli), Ed. CGVCU (Comitato per la Gestione in Vercelli dei Corsi Universitari), 1990.
- A.E. Catania, *Compressori volumetrici*, ACSV, Ed. CGVCU, 1991.
- A.E. Catania, *Turbine idrauliche*, ACSV, Ed. CGVCU, 1992.
- A. Mittica, *Turbomacchine idrauliche operatrici*, ACV, Ed. CGVCU, 1994.

### ESAME

L'esame consiste in una prova scritta e in una prova orale.

Prova scritta: si svolge in tre ore e mezza. Consiste nello svolgimento di tre esercizi numerici su impianti o componenti di macchine a fluido relativi ad argomenti svolti durante il corso. L'esame di *Macchine* incomincia quando il candidato consegna l'elaborato al termine della prova scritta.

Prova orale: consiste in una possibile discussione della prova scritta e nel rispondere a domande su due-tre argomenti di teoria trattati a lezione.

Il voto di esame è determinato in base al risultato delle due prove sostenute.

Anno: periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali) +6 (nell'intero periodo)

Docente: Patrizio Nuccio (collab.: Claudio Negri)

Scopo del corso è quello di fornire le nozioni fondamentali sui motori a combustione interna volumetrici alternativi e a flusso continuo (turbine a gas): il corso comprende sia una parte propriamente descrittiva, avente lo scopo di fornire una conoscenza generale della costituzione di detti motori, sia una parte a carattere formativo, necessaria per permettere la scelta in relazione all'impiego e per costituire la base della loro progettazione termica e fluidodinamica.

### REQUISITI

*Tecnologia dei materiali, Chimica applicata e Macchine 1.*

### PROGRAMMA

*Richiami di termodinamica.* [8 ore]

- Relazioni meccaniche, termiche e chimiche: stato termodinamico della materia e parametri di stato; I Principio della termodinamica in forma sostanziale ed espressione del lavoro esterno. Legge di conservazione della massa, legge di stato dei gas perfetti. I Principio della termodinamica in forma locale. II Principio della termodinamica. Calcolo delle variazioni di entropia fra stati di equilibrio. Diagrammi termodinamici  $p,v$  e  $T,s$ : corrispondenza tra i due diagrammi. Legge di evoluzione, II Principio della termodinamica. Espressione delle perdite energetiche: irreversibilità interne e prodotte all'interfaccia con l'esterno. Massimo lavoro ottenibile in una trasformazione.

*Termodinamica della combustione.* [6 ore]

- Combustione adiabatica a  $v = \text{cost.}$ , determinazione del potere calorifico e della temperatura finale di combustione; variazione del potere calorifico con la temperatura. Combustione adiabatica a  $p = \text{cost.}$ : legame tra i poteri calorifici a  $v = \text{cost.}$  e a  $p = \text{cost.}$ ; potere calorifico superiore e inferiore. Combustione con dissociazione, con scambio termico con l'esterno e con incompletezza; rendimento della combustione.

*Cicli e rendimenti dei motori alternativi a combustione interna.* [12 ore]

- Classificazione dei rendimenti; espressione della potenza utile e della pressione media effettiva. Criteri generali di impiego dei motori alternativi a due e quattro tempi ad accensione comandata e per compressione. Impostazione del progetto di massima di un motore alternativo: determinazione delle principali caratteristiche del motore. Criteri di scelta del ciclo ideale per i motori volumetrici a combustione interna. Rendimento del ciclo ad aria ideale; rendimento del ciclo ad aria reale; rendimento del ciclo ad aria e combustibile; ciclo limite equivalente. Rendimento termodinamico interno. Rendimento organico.

*Apparato di alimentazione e riempimento dei motori alternativi.* [8 ore]

- Configurazioni generali della distribuzione nei motori a quattro tempi, il riempimento dei motori a quattro tempi. Configurazioni generali dei motori a due tempi ad accensione comandata ed ad accensione per compressione; il riempimento dei motori a due tempi. La carburazione: il carburatore elementare: dispositivi correttori. Apparato di iniezione elettronica nei motori ad accensione comandata. Modelli semplificati per lo studio dei fenomeni non stazionari nei condotti dei motori a quattro e a due tempi.

*Combustione nei motori alternativi ad accensione comandata.* [6 ore]

- Velocità di reazione e di propagazione della fiamma; propagazione della fiamma laminare; influenza della turbolenza; l'angolo di combustione. Influenza della dosatura sulle prestazioni del motore e sui rendimenti. Modello di combustione per frazioni successive.

*Prestazioni dei motori alternativi ad accensione comandata.* [10 ore]

- La caratteristica meccanica, di regolazione e la cubica di utilizzazione. Influenza del cambio di velocità sulle prestazioni dei motori per trazione terrestre. Possibili differenti caratteristiche di regolazione dei motori ad accensione comandata. Metodi per il miglioramento della caratteristica meccanica e di regolazione dei motori ad accensione comandata. Anomalie di combustione nei motori ad accensione comandata: il fenomeno della detonazione. Studi sulle macchine a compressione rapida. I numeri di ottano di laboratorio; la sensibilità dei carburanti; richiesta ottanica dei motori. Anomalie di accensione. Caratteristiche dei carburanti.

*Combustione nei motori ad accensione per compressione.* [6 ore]

- Combustione nei motori ad accensione per compressione: l'accumulo; influenza della velocità di rotazione. Accendibilità dei combustibili e numero di cetano. Caratteristiche meccaniche e di regolazione: confronto con i motori ad accensione comandata. Esigenze dell'iniezione: penetrazione della goccia; ritardo di iniezione. Schemi dei principali apparati di iniezione.

*Sovralimentazione.* [4 ore]

- Generalità sulla sovralimentazione dei motori alternativi a quattro tempi; sovralimentazione con compressore a comando meccanico e con turbina a gas di scarico. Sovralimentazione dei motori a due tempi Diesel e Sabathè.

*Equilibramento dei motori alternativi.* [3 ore]

- Scomposizione in armoniche del momento motore. Equilibramento degli alberi a gomiti; forze centrifughe e forze alterne. Disposizione angolare delle manovelle e successione longitudinale. Esempi di motori in linea a due e a quattro tempi. Regola della rotazione parziale; motori a "V" e motori stellari.

*Turbine a gas.* [11 ore]

- Generalità sulle turbine a gas. Rendimento termico e lavoro massico dei cicli ideale e limite. Rendimenti delle singole macchine. Rendimento termico e lavoro del ciclo reale. Cicli complessi con inter-refrigerazione, rigenerazione e ricombustione nel caso ideale e reale. Combustori. Refrigerazione delle palette. Caratteristica di regolazione delle turbine monoalbero a ciclo aperto e chiuso. Caratteristiche di regolazione delle turbine bialbero. Caratteristiche meccaniche delle turbine bialbero. Motori a reazione: spinta, impulso specifico, consumo specifico della spinta, rendimento termico equivalente e rendimento propulsivo; il doppio flusso e la post-combustione.

## ESERCITAZIONI

Descrizione di un motore alternativo a quattro tempi per impiego automobilistico. Determinazione di un "ciclo convenzionale" di un motore a quattro tempi e dimensionamento del volano motore. Descrizione di un motore alternativo a due tempi ad accensione per compressione di tipo "pesante". Determinazione di un ciclo di turbina a gas. Tali esercitazioni saranno inoltre integrate con esercizi su argomenti trattati a lezione. [40 ore]

## LABORATORIO

Smontaggio e rimontaggio di un motore automobilistico. Rilevamento al banco prova delle prestazioni di un motore alternativo a combustione interna. Il corso verrà suddiviso in un numero di squadre sufficienti per poter permettere una fattiva partecipazione degli studenti a tali esercitazioni pratiche. [6 ore]

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

A. Capetti, *Motori termici*, UTET, 1967.

A. Beccari, C. Caputo, *Motori termici volumetrici*, UTET, 1987.

I testi verranno integrati con appunti forniti dal docente.

Testi ausiliari:

G.C. Ferrari, *Motori a combustione interna*, Il Capitello, 1992.

J.B. Heywood, *Internal combustion engine fundamentals*, McGraw-Hill, 1988.

## ESAME

È richiesta la presentazione in sede d'esame degli elaborati relativi alle esercitazioni; l'esame si svolge in sola forma orale con domande che vertono sia sul programma delle lezioni, sia su quello delle esercitazioni in aula ed in laboratorio.

## U 321 0

## Meccanica applicata alle macchine

Anno: periodo 3:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Furio Vatta (collab.: Stefano Mauro)

Lo scopo del corso è quello di fornire agli allievi gli elementi fondamentali per poter affrontare lo studio dei problemi meccanici che concernono le macchine. I temi trattati riguardano in particolar modo la dinamica applicata e la cinematica applicata. Il corso si rivolge agli studenti aeronautici e pertanto alcuni dei temi trattati sono finalizzati al *curriculum* degli studi dei suddetti studenti. Una parte non indifferente del corso è dedicata alla teoria della lubrificazione idrodinamica, argomento che non trova, in generale, adeguato spazio nei programmi di insegnamento.

## REQUISITI

È indispensabile la conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di *Meccanica razionale* e *Scienza delle costruzioni*.

## PROGRAMMA

*Equazioni cardinali della dinamica.* [14 ore]

- Equilibramento statico e dinamico. Equilibramento del monocilindro, del bicilindro, del quattro cilindri in linea e del sei cilindri in linea.
- Assi centrali d'inerzia: corpo rotante e determinazione delle reazioni vincolari. Fenomeni giroscopici: elica bipala. Indicatore di virata e piattaforma inerziale. Vibrazioni ad un grado di libertà libere e forzate.
- Funzione di trasferimento. Accelerometro e sismografo. Integrale di Duhamel. Sistemi a due gradi di libertà: frequenze proprie e modi.
- Determinazione delle coordinate principali.

*Equazione dell'energia.* [8 ore]

- Applicazione a trazione, torsione e flessione. Carico di punta. Molle in serie e parallelo. Camme: problema dinamico, equazione dell'involuppo.
- Macchine a regime periodico: calcolo di verifica e di progetto.

*Principio dei lavori virtuali.* [10 ore]

- Ammortizzatore dinamico, bifilare e Houdaille. Sistemi di forze non conservativi: flutter ala-alettone. Velocità critica flessionale per alberi rotanti: influenza del volano e dei supporti anisotropi.

*Sistemi continui elastici.* [8 ore]

- Corda tesa; vibrazioni libere longitudinali e torsionali per travi a sezione costante. Vibrazioni libere flessionali per travi. Vibrazioni forzate.
- Metodo delle coordinate principali. Principio di Hamilton; criterio di Rayleigh-Ritz. Applicazione a torsione, flessione e cavo teso. Trave trascinata in rotazione: determinazione delle frequenze proprie.

*Attrito.* [4 ore]

- Attrito radente: leggi di Coulomb. Sistema vite-madrevite: reversibilità del moto. Attrito ai perni. Attrito volvente e cuscinetti a rotolamento.

*Freni.* [4 ore]

- Ipotesi di Reye; freni ceppo-nastro ad accostamento rigido e libero.
- Freni ceppo-tamburo esterni ed interni ad accostamento rigido e libero.
- Freni a disco. Frizioni piane e coniche.

*Cinghie.* [4 ore]

- Cinghie piane: rapporto di trasmissione, rendimento, coppia e velocità limite. Cinghie trapezie. Forzamento delle cinghie.

*Ruote dentate e rotismi.* [10 ore]

- Ruote cilindriche a denti diritti; proporzionamento modulare, minimo numero di denti, segmento di ingranamento, numero di coppie di denti in presa.
- Forze scambiate. Ruote cilindriche elicoidali: grandezze normali e frontali, forze scambiate, minimo numero di denti, coppie di denti in presa.
- Ruote coniche: forze scambiate e minimo numero di denti. Vite senza fine - ruota elicoidale: forze scambiate e rendimento. Rotismi ordinari ed epicicloidali. Formula di Willis: applicazione al differenziale automobilistico ed al variatore del passo dell'elica.

*Lubrificazione.* [10 ore]

- Accoppiamento prismatico: capacità di carico e diagrammi di progetto.
- Pattino ad allungamento finito. Lubrificazione idrostatica: cuscinetto ibrido. Perno-cuscinetto: calcolo della capacità di carico in condizioni stazionarie. Carico dinamico.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni si effettuano in aula: agli allievi vengono assegnati alcuni esercizi da svolgere; tali esercizi sono successivamente affrontati e discussi dal docente. In aula è presente il docente titolare del corso, un ricercatore, ed uno studente coadiutore.

## BIBLIOGRAFIA

- Malvano, Vatta, *Dinamica delle macchine*, Levrotto & Bella, 1993.  
 Malvano, Vatta, *Fondamenti di lubrificazione*, Levrotto & Bella, 1990.  
 Cancelli, Vatta, *Esercizi di meccanica applicata*, Levrotto & Bella, 1979.

## ESAME

L'esame consiste in una prova orale durante la quale lo studente deve risolvere alcuni esercizi, analoghi a quelli svolti ad esercitazione, e deve esporre alcune delle trattazioni analitiche che sono state sviluppate dal docente.

## U 323 0

## Meccanica dei fluidi

Anno: periodo 3:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Maurizio Rosso (collab.: Renato Iannelli)

Il corso si propone di fornire gli elementi per il proporzionamento dei recipienti destinati a contenere fluidi e per il dimensionamento delle condotte di convogliamento. Partendo da una impostazione teorica, si perviene alle applicazioni pratiche, con particolare riguardo a quelle specifiche dell'area meccanica.

## REQUISITI

*Analisi matematica 1 e 2, Fisica 1, Meccanica razionale.*

## PROGRAMMA

*I fluidi e le loro caratteristiche.* [4 ore]

- Definizione di fluido; i fluidi come sistemi continui; grandezze della meccanica dei fluidi e unità di misura; proprietà fisiche; regimi di movimento; sforzi nei sistemi continui.

*Statica dei fluidi e dei galleggianti.* [9 ore]

- Equazione indefinita della statica dei fluidi; equazione globale dell'equilibrio statico; statica dei fluidi pesanti incompressibili: misura della pressione, spinta su una superficie piana e spinta su superfici curve; spinta sopra corpi immersi; statica dei fluidi pesanti comprimibili; equilibrio relativo.
- Equilibrio e stabilità dei galleggianti. Applicazioni ai natanti ed all'uso dei galleggianti come trasduttori di livello nei serbatoi.

*Regolazione delle portate mediante serbatoi.* [2 ore]

*Cinematica dei fluidi e dinamica dei fluidi.* [5 ore]

- Velocità e accelerazione elementi caratteristici del moto; tipi di movimento.

*Dinamica dei fluidi perfetti.* [15 ore]

- Variazione del carico piezometrico lungo la normale la binormale e la tangente alla traiettoria; correnti lineari; teorema di Bernoulli; interpretazione geometrica ed energetica; applicazione ad alcuni processi di efflusso; potenza di una corrente in una sezione; estensione del teorema di Bernoulli a una corrente; applicazione del teorema di Bernoulli alle correnti per misurare le portate in condotti: venturimetri e boccagli; estensione del teorema di Bernoulli ai fluidi comprimibili; equazione del moto vario ed applicazioni; moti irrotazionali e relativa estensione del teorema di Bernoulli; stramazzi.

*Analisi dimensionale e cenni di teoria dei modelli.* [3 ore]

*Equazioni del moto dei fluidi reali.* [5 ore]

- Equazione di Navier; equazione globale di equilibrio.

*Correnti in pressione.* [15 ore]

- Generalità sul moto uniforme; moto laminare; caratteristiche generali del moto turbolento; grandezze turbolente e valori medi; sforzi tangenziali e turbolenti; ricerche sul moto uniforme turbolento: moto nei tubi lisci, moto nei tubi scabri, diagramma di Moody, diagrammi di Moody modificati per il problema di progetto e di verifica; for-

mule pratiche; perdite di carico localizzate: brusco allargamento, perdite di brusco restringimento di imbocco e di sbocco, convergenti e divergenti.

- Generalità sulle lunghe condotte; schemi pratici per una lunga condotta a diametro costante; reti di condotte a gravità e impianti di sollevamento: problemi idraulicamente indeterminati resi determinati con criteri di economia; possibili tracciati altimetrici delle lunghe condotte; reti chiuse: progetto e verifica con il metodo di Cross.

*Moto vario delle correnti in pressione.* [8 ore]

- Colpo d'ariete nelle condotte adduttrici; colpo d'ariete negli impianti di sollevamento; dispositivi di attenuazione; casse d'aria; influenza del tipo di trasformazione subita dall'aeriforme.

*Moti di filtrazione.* [4 ore]

- Generalità; legge di Darcy-Ritter e generalizzazioni; moto permanente in falde artesiane e freatiche. Applicazioni pratiche.

## ESERCITAZIONI

Nelle esercitazioni verranno trattati problemi pratici attinenti gli argomenti svolti a lezione. Più significativamente ed in via orientativa, queste esercitazioni riguarderanno la statica dei fluidi ed i galleggianti, tre il moto dei fluidi perfetti e l'analisi dimensionale, cinque il moto dei fluidi reali ed una i fenomeni di moto vario nelle correnti in pressione.

## LABORATORIO

1. Nelle esercitazioni di laboratorio verranno trattati problemi pratici attinenti gli argomenti svolti a lezione. Più in particolare riguarderanno:
2. Idrostatica.
3. Esperienza di Reynolds: moto laminare e turbolento.
4. Deflusso su stramazzo a larga soglia, Bazin, Cipolletti, triangolare.
5. Deflusso da tubi addizionali.
6. Luce in parete sottile: deflusso in condizioni di moto permanente e vario.
7. Esperienza sulla cavitazione.
8. Deflusso in brevi e lunghe condotte, linee di *c.t.* e *c.p.*, venturimetri, tubi Pitot.

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

D. Citrini, G. Nosedà, *Idraulica*, Ed. Ambrosiana, Milano 1979.

G. De Marchi, *Idraulica*, Hoepli, Milano 1960.

Testi ausiliari:

A. Ghetti, *Idraulica*, Cortina, Padova, 1980.

E. Marchi, A. Rubatta, *Meccanica dei fluidi*, UTET, Torino, 1982.

## ESAME

L'esame è di tipo tradizionale, orale, e verterà sugli argomenti svolti a lezioni nonché sugli esercizi sviluppati nelle esercitazioni.

**S/U 337 0****Meccanica razionale**

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: *da nominare*

*[Testo del programma a p. 46 ]*

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)  
72+48 (nell'intero periodo)

Docente: Giovanni Belingardi

Il corso si propone di fornire agli allievi le conoscenze di base necessarie per la verifica ed il progetto strutturale in campo meccanico. Tale scopo viene perseguito trattando in dettaglio i metodi di calcolo e di verifica, con particolare riguardo ai metodi numerici attualmente più diffusi nella pratica professionale. Agli allievi sono inoltre fornite nozioni teoriche più generali, che permettono di sviluppare quella maturità tecnica necessaria in ambienti in dinamica evoluzione e fortemente innovativi, e nozioni di carattere più applicativo, che permettono di calare con la dovuta sicurezza la teoria nella pratica professionale.

### REQUISITI

Per frequentare il corso con profitto lo studente deve aver appreso ed assimilato i contenuti degli insegnamenti di Meccanica Applicata alle Macchine, Scienza delle Costruzioni, Costruzione di Macchine. Non è tuttavia richiesto il superamento formale del relativo esame.

### PROGRAMMA

#### 1 - *Calcolo strutturale statico* [16 ore]

##### 1.1 - dischi rotanti

impostazione delle equazioni di equilibrio e congruenza, soluzione generale della equazione differenziale risolvente, calcolo dello stato di tensione e di deformazione; disco a spessore costante: carico centrifugo, carico termico, forzamenti; problema inverso: il disco di uniforme resistenza; dischi di profilo qualsiasi: il metodo di Grammel; effetto dei fori sullo stato di tensione nei dischi rotanti.

##### 1.2 - tubi e recipienti in pressione

impostazione delle equazioni di equilibrio e congruenza, soluzione generale della equazione differenziale risolvente, calcolo dello stato di tensione e di deformazione; effetto delle pressioni interne ed esterne, carico termico; effetti di bordo.

##### 1.3 - piastre inflesse

piastre rettangolari: equazioni di equilibrio e di congruenza, soluzione generale della equazione differenziale risolvente; varie condizioni di vincolo sui bordi; calcolo della configurazione deformata; calcolo dei momenti flettenti.

piastre circolari: equazioni di equilibrio e di congruenza, soluzione generale della equazione differenziale risolvente; varie condizioni di vincolo sui bordi; calcolo della configurazione deformata; calcolo dei momenti flettenti.

## 2 - *Calcolo matriciale delle strutture* [8 ore]

Formulazione di rigidità e di flessibilità, vettori degli spostamenti nodali e delle forze nodali; la matrice di rigidità dell'elemento asta e dell'elemento trave; carichi nodali equivalenti a carichi distribuiti e a variazioni di temperatura; cambio del sistema di riferimento; assemblaggio della matrice di rigidità della struttura, imposizione dei vincoli e soluzione.

## 3 - *Comportamento dinamico delle strutture* [24 ore]

### 3.1 sistemi discreti a molti gradi di libertà

equazioni di equilibrio dinamico, analisi modale, trasformata modale, ricostruzione modale

### 3.2 sistemi continui

equazioni di equilibrio dinamico, analisi modale, trasformata modale, ricostruzione modale, aste, travi, piastre

### 3.3 metodi di soluzione

metodo di Stodola; metodo della forma modale imposta; matrici di trasferimento; metodo di Holtzer; metodo di Myklestad-Prohl; metodo degli elementi finiti (cenni); integrazione al passo delle equazioni del moto (cenni)

### 3.4 dinamica delle macchine rotanti, velocità critiche flessionali

rotore di Jeffcot; momenti giroscopici; diagramma di Campbell; effetto dello smorzamento viscoso e strutturale; sistemi a più gradi di libertà; scrittura matriciale delle equazioni differenziali; applicazione dei metodi di soluzione per la ricerca delle velocità critiche.

## 4 - *progettazione affidabilistica* [8 ore]

affidabilità: definizione, tasso di guasto, curva a vasca da bagno; uso della distribuzione di Weibull; affidabilità dei sistemi meccanici in serie e in parallelo; comportamento a fatica, cumulativo di sollecitazione, danno e danneggiamento cumulativo.

## 5 - *ottimizzazione strutturale* [4 ore]

impostazione del problema; ottimizzazione parametrica e di forma; metodi per la ricerca della configurazione ottimale; metodi agli elementi finiti

## 6 - *Concurrent engineering, progettazione simultanea* [10 ore]

simulazione delle operazioni di formatura, simulazione della missione operativa; materiali metallici: imbutitura, estrusione, forgiatura a freddo e a caldo, colata di getti fusi, saldatura, ecc.; materiali plastici: termoformatura, stampaggio, iniezione, ecc.

## ESERCITAZIONI

1. Esercizi sul calcolo delle tensioni in dischi rotanti a spessore costante.
2. Esercizi sul calcolo delle tensioni in dischi rotanti a spessore qualsiasi, applicazione del metodo di Grammel.
3. Esercizi sul calcolo delle tensioni in recipienti cilindrici in pressione.
4. Esercizi sul calcolo di piastre rettangolari e circolari inflesse.
- 5., 6. Esercizi sul calcolo matriciale delle strutture.
- 7., 8. Esercizi sulla dinamica dei sistemi a parametri concentrati.
- 9., 10. Esercizi sul comportamento dinamico delle macchine rotanti; velocità critiche flessionali.
11. Esercizi sulla progettazione affidabilistica dei sistemi meccanici.
12. Esercizi sulla ottimizzazione strutturale.

## LABORATORIO CAD-CAE

13. Eserc. di laboratorio sull'ottimizzazione strutturale.
14. Eserc. di laboratorio sul *concurrent engineering*.

## BIBLIOGRAFIA

- G. Genta, *Principi e metodologie della progettazione meccanica*, vol. 2, Levrotto&Bella  
G. Belingardi, *Il metodo degli elementi finiti nella progettazione meccanica*, Levrotto&Bella  
S. Timoshenko, *Plates and shells*, McGraw-Hill  
A.D.S. Carter, *Mechanical reliability*, MacMillan  
J.S. Arora, *Introduction to optimum design*, McGraw-Hill  
G.E. Dieter, *Engineering Design*, McGraw-Hill

## ESAME

L'esame consiste in una prova scritta seguita da una prova orale. Per accedere alla prova orale il candidato deve aver superato ogni parte della prova scritta con una votazione di almeno 18/30.

La prova orale deve essere sostenuta nella stessa sessione in cui è stata superata la prova scritta.

Lo studente che vuole partecipare alla prova scritta deve iscriversi alla medesima (attraverso la prenotazione telematica o nel caso di indisponibilità del servizio presso la segreteria didattica della Facoltà) con almeno tre giorni di anticipo.

**S/U 460 0****Scienza delle costruzioni**

Anno:periodo 3:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Cecilia Surace (collab.: Mauro Borri Brunetto)

*[Testo del programma a p.49 ]*

Anno: periodo 2:2

Docente: Carlo Gianoglio

L'insegnamento si propone di descrivere le caratteristiche d'impiego dei materiali d'interesse ingegneristico, con particolare attenzione a quelli destinati alle applicazioni meccaniche, per fornire agli studenti le basi su cui impostare le scelte ai fini progettuali. Il filo conduttore sarà costituito dalla costante correlazione tra la microstruttura e le proprietà chimico-fisico-meccaniche delle tre classi tipiche di materiali (ceramici, polimerici, metallici) trattati secondo un'ottica unitaria, per poter evidenziare eventuali comportamenti in esercizio di tipo analogo o antitetico. Sono stati introdotti argomenti d'attualità, quali quelli relativi a proprietà e prospettive d'impiego di materiali innovativi (ceramici avanzati, intermetallici, compositi). Vengono infine trattati brevemente argomenti classici della chimica applicata d'interesse termomeccanico: acque, combustibili, carburanti, lubrificanti.

### REQUISITI

Al fine di poter seguire agevolmente l'insegnamento, è opportuno aver superato gli esami dei corsi di *Chimica* e di *Fisica*.

### PROGRAMMA

#### *Parte generale*

- Introduzione all'ingegneria dei materiali. [2 ore]
- Richiami di struttura atomica. [1 ora]
- Proprietà chimico fisiche dei materiali (elettriche, termiche ...). [2 ore]
- Stato solido (reticoli, strutture cristalline, difetti...)

#### *Tecnologia dei materiali*

- Prove meccaniche. [3 ore]
- Meccanismi di rinforzo. [1 ora]
- Diagramma di stato (sistemi a due componenti, cenni ai ternari). [4 ore]

#### *Chimica applicata*

- Acque (classificazione, addolcimento, demineralizzazione). [4 ore]
- Acque potabili e di scarico (civili, industriali). [2 ore]

#### *Combustione*

- Generalità, aria teorica, fumi, controllo, efficienza, analisi. [4 ore]
- Combustibili (classificazione, produzione e caratteristiche). [2 ore]
- Carburanti. [2 ore]
- Lubrificanti. [1 ora]

#### *Ceramici*

- Ceramici tradizionali. [2 ore]
- Refrattari. [2 ore]
- Vetri. [1 ora]
- Ceramici avanzati. [1 ora]

*Leganti (cenni)*

- Leganti aerei ed idraulici, cementi, calcestruzzi. [2 ore]

*Leghe ferrose*

- Processi siderurgici, ghise, affinazione. [2 ore]
- Acciai (trattamenti termici, indurimento, proprietà). [3 ore]

*Leghe non ferrose*

- Metallurgia e leghe di alluminio. [1 ora]
- Metallurgia e leghe di rame. [1 ora]

*Materie plastiche*

- Classificazione, comportamento viscoelastico, cristallinità. [2 ore]
- Descrizione principali resine termoplastiche e termoindurenti. [2 ore]

*Compositi*

- Introduzione ai nuovi materiali, anisotropia. [1 ora]
- Descrizione e applicazioni principali (MMC). [1 ora]

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

*Struttura e proprietà dei materiali. Vol. I, III, IV*, Ed. Ambrosiana, Milano.

Testo ausiliario:

C. Brisi, *Chimica applicata*, Levrotto & Bella, Torino.

## ESAME

L'esame consisterà in un paio di domande orali su tutto il programma svolto a lezione; lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di risolvere alla lavagna facili calcoli relativi alle acque industriali e ai combustibili.

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 50+3 (ore durante il corso)

Docente: Carlo Antonione

Nell'ambito del corso sono dapprima sviluppati i principi fondamentali del comportamento dei metalli e delle leghe, in riferimento alle loro caratteristiche meccaniche ed all'influenza esercitata da composizione chimica, microstruttura, trattamenti termici e lavorazioni meccaniche. Vengono quindi dettagliatamente esaminate le principali classi di acciai, ed i trattamenti termici e termochimici atti a conferire le caratteristiche meccaniche richieste, le ghise, le leghe di alluminio e magnesio con i relativi processi di rafforzamento. Infine vengono descritte le applicazioni dei vari tipi di acciai e leghe di alluminio, magnesio e rame fornendo le modalità di scelta dei materiali metallici in base alla geometria del progetto ed alle sollecitazioni in opera.

#### REQUISITI

Richiede la conoscenza degli argomenti trattati nel corso: *Tecnologia dei materiali e chimica applicata*.

#### PROGRAMMA

1. Metalli e leghe. Classi di materiali metallici nella tecnologia e nella economia moderna: produzione, prezzi.

I metalli nella tavola periodica; lo stato metallico.

Osservazioni generali e dati comparativi sulle proprietà (meccaniche, elettriche, termiche) dei metalli; correlazioni con parametri atomici.

2. Lo stato cristallino. Reticoli bidimensionali: piani compatti (il piano esagonale). Sistemi cristallini e reticoli di Bravais (richiami). I reticoli cristallini nei metalli: c.c.c., c.f.c., e.c.; numero di prossimi vicini (coordinazione), siti interstiziali e loro dimensioni, frazione di volume occupato; indici dei piani più densi. Relazioni con l'occupazione dei siti da parte di elementi alliganti. Effetti sullo scorrimento plastico.

3. Costituzione delle fasi nelle leghe. Metallo puro; soluzioni solide. Soluzioni solide sostituzionali ed interstiziali. Soluzioni solide ordinate e disordinate. Fattori che influenzano la solubilità mutua tra metalli diversi: tipo del reticolo, dimensioni atomiche, valenza, concentrazione elettronica. Trasformazioni ordine/disordine. Composti intermetallici. Cenno alle fasi di Hume-Rothery e di Laves. Composti intermetallici e plasticità.

4a. Proprietà meccaniche: richiami. Prove di trazione, e parametri che se ne possono ricavare. Deformazione elastica: legge di Hooke, modulo elastico. Deformazione plastica: tenacità, duttilità. Fragilità; prove di resilienza; la transizione fragile/duttile. Prove di durezza; scale di durezza. Prove di fatica. Creep o scorrimento viscoso.

4b. Alcune precisazioni sulle curve carico/deformazione: engineering stress e strain, true stress e strain. Influenza del tipo di reticolo cristallino sulla facilità di deformazione plastica. Frattura: fragile e duttile. Tenacità, duttilità, resilienza. La teoria di Griffith sulla resistenza alla frattura: le cricche come concentratori di tensioni. La tenacità alla frattura; il fattore di intensificazione degli sforzi ed il suo valore critico  $K_{IC}$ .

5. Lo stato difettivo dei metalli. Classificazione dei difetti reticolari. Difetti puntiformi: vacanze, interstiziali, coppie di Frenkel. Difetti lineari: le dislocazioni; il moto delle dislocazioni come meccanismo della deformazione plastica. Interazione delle dislocazioni con impurezze (effetto degli elementi in lega), ed interazione con altre dislocazioni (incrudimento). Difetti di area: il bordo di grano; sua interazione con impurezze. Bordi di geminato.

Stato difettivo e proprietà dei metalli. Breve analisi termodinamica dei difetti: concentrazione di equilibrio dei difetti. Difetti in concentrazione metastabile; eliminazione dell'incrudimento per mezzo di ricotture.

6. Richiami sui diagrammi di stato. Regola delle fasi e regola della leva. Diagrammi binari: con solubilità completa allo stato solido; con lacune di miscibilità; con eutettici e peritettici; con fasi intermedie (composti intermetallici); con trasformazioni allo stato solido (eutetoidi, peritetoidi). Cenno ai diagrammi ternari.

7. Il diagramma Fe-C. Fasi possibili; cementite e grafite. Diagramma schematico (senza peritettico). Esame di curve di raffreddamento a diverse concentrazioni di C. Le trasformazioni eutettica (ledeburite) ed eutetoidica (perlite). Acciai e ghise. Ghise bianche e ghise grigie. Coefficienti per il carbonio equivalente. Principi generali circa l'effetto di altri elementi in leghe Fe-C.

Esame di micrografie tipiche di acciai e ghise. Elementi di metallografia.

8. Principi generali per l'elaborazione dei metalli: dal minerale alla lega. Scala di stabilità degli ossidi. Cenni al processo all'altoforno (dal minerale alla ghisa); ghisa e scoria; gas d'altoforno. Cenni ai processi di affinazione (dalla ghisa all'acciaio); affinazione ossidante, desossidazione, colata; classificazione dei processi di affinazione.

9. Criteri generali relativi alle trasformazioni di fase: equilibrio instabile, metastabile e stabile; energia di attivazione e forza motrice di un processo. Cenni ai processi di diffusione allo stato solido. Processi per nucleazione e crescita; effetto della temperatura sulle velocità di nucleazione e di crescita.

Deformazione a freddo nei metalli; stato deformato ed energia immagazzinata. *Recovery* e ricristallizzazione; crescita del grano.

10. Trattamenti termici degli acciai. Tecniche per il controllo della velocità di raffreddamento; la tempra.

Trattamenti al di sopra dei punti critici: ricottura (comune ed isoterma); normalizzazione; tempra. La formazione della martensite. Curve TTT e CCT. Perlite grossolana e perlite fine; bainite; martensite. Rinvenimento dopo tempra; effetto della temperatura di rinvenimento. Temprabilità degli acciai. La prova Jominy.

Trattamenti sotto i punti critici: addolcimento, rinvenimento, distensione. Bonifica degli acciai.

Tempra superficiale; tempra "isoterma"; trattamento dicoalescenza (sferoidalizzazione).

Trattamenti termochimici di diffusione per l'indurimento superficiale degli acciai: cementazione e nitrurazione.

Esame di micrografie riguardanti i trattamenti termici di acciai e ghise, e di micrografie riguardanti la deformazione a freddo e la ricristallizzazione.

11. Legheferrose. Effetto dei leganti nelle leghe a base Fe: elementi carburigeni; elementi austenitizzanti (gammogeni) e ferritizzanti (alfogeni). Esame sommario dell'effetto dei principali elementi alliganti.

Classificazione degli acciai; cenni alla normativa.

Acciai non legati ed acciai legati. Principali tipi di acciai dal punto di vista della loro utilizzazione. Acciai da costruzione. Acciai per utensili ed acciai rapidi. Acciai per getti. Acciai inossidabili: tipi e campi di composizione. Tipi di ghise. Sviluppi recenti negli acciai.

12a. Leghe non ferrose: analisi di una tabella per il confronto delle principali proprietà (fisiche, meccaniche, termiche, chimiche).

12b. Leghe di Cu. Bronzi ed ottoni: proprietà. Le regole di Hume-Rothery per le leghe di Cu; le fasi presentineidiagrammi di stato Cu-Sn e Cu-Zn. Esame di tipi di bronzi e di ottoni.

12c. Leghe leggere. I metalli leggeri nella tavola periodica. Esame comparativo dei principali metalli utilizzabili nelle leghe leggere: Al, Mg, Ti, Be, Li. Lo sviluppo delle leghe leggere in relazione alle applicazioni aeronautiche ed aerospaziali.

Leghe di Al; principali alliganti. Il processo di maturazione (*precipitation hardening*). Nomenclatura delle leghe di Al. Esame dei principali tipi. Sviluppi recenti.

Leghe leggere a base di Ti e di Mg.

12d. Materiali metallici per alte temperature. Metalli refrattari; proprietà, principali leghe, limiti per il loro uso.

Le superleghe: classificazione. Meccanismi di rafforzamento (*strengthening*). Costituenti principali; fasi presenti. Descrizione di alcuni tipi di superleghe.

13. Cenni a recenti sviluppi riguardanti i materiali metallici: la colata continua; la solidificazione rapida; trattamenti di rifinitura superficiale, di impiantazione, di *sputtering*; trattamenti *laser*; l'alligazione meccanica; la superplasticità; le leghe a memoria di forma; i *whisker*; cenno ai compositi.

## BIBLIOGRAFIA

### Testi consigliati

- A. Burdese: *Metallurgia e Tecnologia dei Materiali Metallici*. UTET, Torino, 1992.
- W. Nicodemi: *Metallurgia*. Masson, Milano, 1991.
- G. Dieter: *Mechanical Metallurgy*. McGraw-Hill-Kugakusha, Tokyo, 1988.
- R.A. Higgins: *Engineering Metallurgy*. E. Arnold, Londra 1993.
- A. Cigada, G. Re: *Metallurgia (vol. II)*. CLUP, Milano, 1984.

## ESAME

L'esame è orale, fondato su 3-4 domande relative agli argomenti in programma. A scelta (facoltativa) dello studente, una delle domande può essere fatta su di un argomento concordato sul quale lo studente presenti una breve relazione scritta.

**U 564 0****Tecnologia meccanica**

Anno: periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4+2 (ore settimanali)

Docente: Franco Lombardi (collab.: Marco G. Cantamessa)

Il corso sviluppa e completa le nozioni impartite nell'insegnamento di *Disegno di macchine + Tecnologia meccanica* e approfondisce i principi basilari delle tecnologie di lavorazione più diffuse nell'industria meccanica, affrontando problematiche di progettazione e verifica dei processi.

**REQUISITI**

*Analisi matematica 1 e 2, Fisica 1, Disegno tecnico industriale, Scienza delle costruzioni, Fisica tecnica, Disegno di macchine + Tecnologia meccanica.*

**PROGRAMMA**

- *Lavorazioni da fonderia.* Getti in forme transitorie. Getti in forme permanenti
- *Lavorazioni per deformazione plastica.* Forgiatura, ricalcatura e stampaggio. Laminazione. Trafilatura ed estrusione. Lavorazioni sulle lamiere: tranciatura, piegatura, imbutitura.
- *Lavorazioni per asportazione di truciolo.* Formazione del truciolo e meccanismi di usura degli utensili. Modello di Taylor; tempi e costi di produzione. Limatura e piallatura, tornitura, foratura, fresatura, alesatura, brocciatura. Macchine a controllo numerico e modalità di lavoro.
- *Lavorazioni per abrasione.* Rettifica, lappatura, sabbatura.
- *Lavorazioni non convenzionali.* Elettroerosione, sinterizzazione delle polveri.
- *Saldatura e assemblaggio.*
- *Lavorazioni di materie plastiche.*

**ESERCITAZIONI**

Illustrazione mediante esempi ed esercizi degli argomenti trattati a lezione.

**BIBLIOGRAFIA**

Testo di riferimento:

S. Kalpakjian, *Manufacturing processes for engineering materials*, Addison Wesley.

Testi ausiliari:

F. Giusti, M. Santochi, *Tecnologia meccanica e studi di fabbricazione*, Ed. Ambrosiana, Milano.

Fotocopie e appunti del docente.

**ESAME**

Una prova scritta e una prova orale.

# Programmi degli insegnamenti d'orientamento

## U 035 0

## Automazione a fluido

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Massimo Sorli (collab.: Stefano Mauro)

Il corso ha lo scopo di far conoscere i diversi sistemi di automazione a fluido attualmente utilizzati e di fornire le nozioni di base indispensabili per una corretta progettazione e per un uso razionale degli impianti a fluido. Vengono quindi analizzati componenti ed elementi di vari tipi di sistemi pneumatici, micropneumatici e fluidici, digitali e proporzionali. Vengono inoltre fornite nozioni di analisi dei sistemi, di tecniche di automazione digitale e di modellazione dei sistemi pneumatici.

### REQUISITI

Nozioni acquisite con le frequenze del corso di *Meccanica applicata alle macchine*.

### PROGRAMMA

- *Struttura dei sistemi automatici*. Proprietà dei sistemi pneumatici, micropneumatici, fluidici, oleodinamici. Cilindri a semplice e doppio effetto. Valvole a due, tre, quattro vie; comandi, funzionamento e simbologia delle valvole. Valvole ausiliarie dei circuiti pneumatici (OR, AND, sequenza, di non ritorno, temporizzazione, regolatori di flusso, scarico rapido, economizzatrice, ecc). Proprietà delle valvole pneumatiche. [8 ore]
- *Principi di algebra logica*. Funzioni combinatorie e sequenziali. Operatori logici e relativa simbologia ISO-IEC. Tipi di memorie. Elementi pneumologici. [4 ore]
- *Elementi micropneumatici* Samsomatic, Dreloba, Selp. Getti e principi di fluidica. Elementi fluidici digitali e proporzionali: funzionamento e caratteristiche operative. [8 ore]
- *Sistemi a tempo e ad eventi*. Diagrammi funzionali: movimenti - fasi, Grafcet, Gemma. Tecniche di controllo digitali a logica cablata e programmabili. Elementi con memorie pneumatiche, con memorie ausiliarie, contatori binari, programmatori a fase, moduli sequenziatori. Comandi con relè: funzioni logiche combinatorie e sequenziali; tecnica del Grafcet contratto. Controllori logici programmabili (PLC): proprietà generali e linguaggi di programmazione (lista di istruzioni, sequenziale, ladder). Criteri di scelta tra sistemi con sequenziatori, relè, PLC. [14 ore]

- *Elementi di interfaccia*, elettrovalvole e sistemi elettropneumatici digitali e proporzionali. Sensori ed elementi di fine corsa, elementi periferici. [6 ore]
- *Cilindri specializzati e applicazioni* dei sistemi pneumatici. [4 ore]
- *Modellazione e comportamento dinamico* dei sistemi pneumatici: resistenze, capacità, induttanze. Sistemi a parametri concentrati e distribuiti, propagazione dei segnali pneumatici. Esempi di modellazione di circuiti pneumatici. [6 ore]
- *Struttura degli impianti pneumatici*, alimentazione degli impianti. trattamento dell'aria, affidabilità, aspetti energetici, ecologici e di sicurezza. [6 ore]

## LABORATORIO

Viene svolto un ciclo di 12 esercitazioni di laboratorio della durata ognuno di 4 ore.

Durante ogni esercitazione vengono sviluppate una o più gruppi di prove.

Le esercitazioni devono essere svolte da singole squadre di studenti che seguono ciascuna un proprio percorso con assistenza in laboratorio.

Il programma dettagliato delle esercitazioni sarà distribuito ad ogni singola squadra.

La presenza alle esercitazioni è obbligatoria e condiziona la firma di frequenza.

Di tutte le esercitazioni deve essere preparata una relazione che viene presentata quando si effettua l'esame.

La relazione comprende un testo che descrive gli scopi, le attrezzature usate, le modalità di prova, ecc. e contiene tutti i dati sperimentali misurati ed elaborati, e una serie di tavole.

Il testo può essere preparato singolarmente, da ogni studente, o dall'intera squadra, per cui può essere disponibile un unico testo per ogni singola squadra.

Le tavole illustranti gli schemi delle prove e i diagrammi riassuntivi devono essere singoli per ogni studente. Dette tavole possono essere preparate:

- a) completando le tavole allegate al testo di esercitazioni;
- b) preparando interamente dette tavole su carta millimetrata (non sono ammesse fotocopie di tavole del testo).

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

G. Belforte, N. D'Alfio, *Applicazioni e prove dell'automazione a fluido*, Giorgio, Torino, 2. ed., 1992.

G. Belforte, *Pneumatica*, Tecniche Nuove, Milano, 1987.

Testo ausiliario:

D. Bouteille, G. Belforte, *Automazione flessibile elettropneumatica e pneumatica*, Tecniche Nuove, Milano, 1987.

## ESAME

L'esame si svolge in forma orale sull'intero programma del corso (lezione ed esercitazione), con discussione, in particolare, di quanto svolto in laboratorio.

## U 246 0

## Gestione industriale della qualità

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)  
84+28 (nell'intero periodo)

Docente: *da nominare*

Scopo del corso è fornire le nozioni fondamentali riguardanti le idee, i metodi di gestione e le tecniche usate nelle aziende industriali per realizzare la qualità; consentire di leggere scientificamente le sempre più numerose pubblicazioni; affrontare in modo scientifico e manageriale le decisioni, i problemi, la prevenzione.

## REQUISITI

Matematica elementare, probabilità, statistica e processi stocastici.

## PROGRAMMA

(Lezioni ed esercitazioni sono interagenti)

Il cliente, l'azienda e la qualità.

La qualità: Perché ? Cosa è ? Chi la fa ? Chi ne è responsabile ?

I tetraedri della competitività, della gestione, del *manager razionale*.

Il circolo vizioso della disqualità. La matrice della conoscenza. I principi fondamentali della qualità. La *profound knowledge*.

Le tre identità della qualità.

L'approccio scientifico. Il fattore CP. MBITE (*management by if then else*).

La qualità nello sviluppo dei prodotti: obiettivi, verifiche, le tecniche usate, la crescita della qualità. Le dieci aree chiave. Prevenzione e miglioramento: si propongono obiettivi diversi; necessitano di tecniche diverse di metodi di gestione diversi.

*Concurrent engineering*. *Quality function deployment*.

I *manager* e la statistica: interpretare la realtà e raggiungere gli obiettivi.

Prevenzione dei guasti: affidabilità ed i concetti fondamentali, le prove di affidabilità, la progettazione degli esperimenti. Incongruenze dei metodi bayesiani.

DOE (*design of experiments*): il Metodo G. Piani fattoriali completi e ridotti. Le errate metodologie alternative (incongruenza dei metodi Taguchi). Strumenti per il miglioramento della qualità.

Qualità durante il processo produttivo: significato ed uso delle carte di controllo, indici di *capability*. Qualificazione dei fornitori.

Certificazione delle aziende: le norme ISO, UNI; opportunità e rischi. I costi della disqualità: una miniera d'oro.

Organizzazione per la qualità: le responsabilità del *top management*. La qualità dei *manager*, dei metodi, delle decisioni.

Si farà costante riferimento a casi reali aziendali. Saranno analizzate le pubblicazioni più recenti per verificare la loro adeguatezza ai concetti sviluppati nel corso.

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

W.E. Deming, *Out of the crisis*.

F. Galetto, copie di relazioni presentate ai vari convegni sulla qualità (nazionali ed internazionali).

F. Galetto, *Affidabilità. Vol. 1*, CLEUP.

F. Galetto, *Affidabilità. Vol. 2*, CLEUP.

Testi assolutamente sconsigliati:

Tutte le traduzioni di libri in lingua inglese, in modo particolare

W.E. Deming, *L'impresa di qualità* (ed. ISEDI ed ISVOR-FIAT), traduzione balorda che stravolge completamente il pensiero di Deming sulla qualità, come invece è chiaramente espresso nel libro *Out of the crisis*.

C. Kennedy, *I guru del management*, per le stesse ragioni.

## ESAME

Prova scritta (2-3 ore, sono consentiti libri, manuali, appunti): decisioni su situazioni che si incontrano nelle aziende, analisi di documenti pubblicati sulla stampa tecnica, individuazione di soluzioni poco scientifiche.

Prova orale (0.5-1 ora; vi si accede avendo superato la prova scritta, il voto dello scritto non avrà influenze sul voto finale): discussione sugli argomenti trattati a lezione, discussione su documenti pubblicati, esposizione di argomenti a scelta del candidato.

**U 282 0****Impianti termotecnici**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)  
52+52 (nell'intero periodo)

Docente: Paolo Anglesio (collab.: Marco Perino)

Il corso tratta di alcune applicazioni impiantistiche, in coordinamento con altri corsi per gli allievi meccanici.

Dopo una introduzione generale di collegamento alla fisica tecnica, vengono sviluppati gli impianti a combustione, gli impianti di incenerimento con richiami al trattamento delle emissioni, gli impianti di cogenerazione e teleriscaldamento, gli impianti frigoriferi. Le esercitazioni prevedono una relazione scritta e sono precedute da una visita a impianti in esercizio.

**REQUISITI**

*Fisica tecnica.*

**PROGRAMMA**

- Fondamenti dell'impiantistica termotecnica: scambiatori di calore, reti percorse da fluidi, apparecchi a combustione, cogenerazione, valutazione di impatto ambientale, economia impiantistica.
- Impianti a combustione: generatori di calore, modello a zero dimensioni di camera di combustione, uso per progetto e verifica, effetti di portata di combustibile e indice d'aria sulle prestazioni.
- Impianti di incenerimento: schema a blocchi, campi di lavoro, post-combustione e termodistruzione, generatori di vapore a radiazione, impianti di separazione di inquinanti.
- Impianti di cogenerazione: con turbina a vapore, con turbina a gas, con motore alternativo. Campo di lavoro, consumo specifico, rendimento di produzione dell'energia meccanica. Impianti a ciclo semplice, confronto delle prestazioni. Impianti a ciclo combinato, caso Joule-Rankine. Teleriscaldamento.
- Impianti termoelettrici: caso di riferimento (300 MWe). Potenziamiento, caso con ciclo combinato. Criteri di progetto dei nuovi gruppi a ciclo combinato, schema a blocchi, generatori di vapore a due livelli di pressione.
- Impianti frigoriferi: tipi principali, confronto delle caratteristiche e delle prestazioni. Impianti a compressione di vapore, fluidi frigoriferi, cicli reali, componenti, curve caratteristiche riferite al compressore, esempi di impianti civili ed industriali.

**ESERCITAZIONI**

1. Scambiatori di calore a tubi e mantello, reti di distribuzione gas, generatore di calore (bilancio energetico), cogenerazione (due esempi), valutazione di impatto ambientale di emissioni da camini, criterio di valutazione economica.

2. Visita a impianto di incenerimento di rifiuti solidi urbani. Calcolo delle portate dei fumi, della superficie di scambio, dell'energia utile, della concentrazione al suolo di una emissione.
3. Visita a impianto di cogenerazione a ciclo combinato. Calcolo dei rendimenti, dell'indice di risparmio, della portata di vapore per teleriscaldamento.
4. Visita a magazzino frigorifero, con impianto ad ammoniaca e compressione a uno e due stadi. Calcolo del fabbisogno frigorifero, della potenza dei compressori, della portata di acqua di raffreddamento del condensatore, dei canali di distribuzione dell'aria refrigerata.

## BIBLIOGRAFIA

Verrà fornita dal docente una raccolta di articoli, normative e dati tecnici.

## ESAME

Esame finale orale e discussione degli elaborati scritti relativi alle relazioni sugli impianti visitati.

**U 328 0****Meccanica dei robot**

(corso ad anni alterni)

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori 4+4 ore settimanali

Docente ed esercitatore: Andrea Manuello Bertetto.

Il corso affronta tematiche tipiche della progettazione e della caratterizzazione di robot. Sono studiati sia robot industriali tipici che speciali per applicazioni avanzate, offrendo un inquadramento delle tematiche caratteristiche di manipolatori su applicazioni effettive.

**REQUISITI***Analisi matematica 1, Geometria, Fisica 1, Meccanica applicata.***PROGRAMMA**

Tipologie di robot industriali; classificazione delle strutture meccaniche; applicazioni: robot di montaggio, manipolazione, saldatura, verniciatura. Robot speciali: robot mobili, per applicazioni mediche, spaziali, minerarie, oceaniche, nucleari.

Cinematica dei robot: metodi per la descrizione del posizionamento e dell'orientamento di un corpo nello spazio mediante vettori e matrici. Trasformazioni cinematiche nello spazio: traslazioni, rotazioni, trasformazioni omogenee. Angoli di Eulero, formula di Rodriguez. Metodo di Denavit-Hartenberg (vers. Craig) per la descrizione del posizionamento relativo tra gli elementi di un robot. Espressioni ricorsive delle velocità e delle accelerazioni dei giunti e degli elementi di un robot. Determinazione della matrice Jacobiana. Analisi cinematica inversa di strutture con polsi monocentrici.

Tipologie e schemi funzionali e realizzativi di polsi per robot a due e tre gradi di libertà. Analisi cinematica dei polsi. Metodo di definizione del livello di degenerazione.

Sistemi per la trasmissione e la trasformazione del moto. Trasmissioni con flessibili, con alberi coassiali, a parallelogramma. Riduttori epicicloidali. Riduttori speciali: Harmonic Drive, articolati (Redax, Cyclo), Teijin-Seiki.

Sistemi di presa e manipolazione per robot: tipologie, schemi funzionali e realizzativi, metodi di analisi e di progetto.

Statica dei manipolatori: equazioni di equilibrio, principio dei lavori virtuali.

Dinamica dei manipolatori. Azioni d'inerzia su un corpo rigido nello spazio. Equazioni di Newton-Eulero, equazioni di Lagrange.

Traiettorie del moto di manipolatori. Traiettorie nello spazio dei giunti e nello spazio cartesiano. Punti virtuali lungo la traiettoria. Traiettorie di raccordo con rotazioni coniche. Valutazione degli errori di posizionamento.

Oscillazioni di un manipolatore per diversi tipi di traiettorie. Valutazione della frequenza fondamentale. Valutazione del massimo overshoot con diverse leggi di comando.

Controllo dei robot. Leggi del moto e dell'asservimento. Schema del controllo.

Azionamenti per robot: elettrici, idraulici, pneumatici. Motori elettrici a corrente continua, a magneti permanenti, brushless, motori a passo. Caratteristica meccanica.

Caratteristiche elettrodinamiche di motori a c.c.. Modellazione dinamica di servoazionamenti elettrici per controllo di velocità e di posizione.

#### ESERCITAZIONI

Illustrazione con esempi ed esercizi degli argomenti trattati durante le lezioni.

#### BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

A. Romiti, *Cinematica e dinamica dei robot*, (dispense del corso).

King-Sun Fu, R.C. Gonzalez, C.S. George Lee, *Robotica*, Mc Graw - Hill

E.I. Rivin, *Mechanical design of robots*, Mc Graw - Hill

Testi ausiliari:

R. Paul, *Robot manipulators*, M.I.T. Press.

ESAME.

prova orale.

## U 336 0

## Meccanica delle vibrazioni

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2(4) (ore settimanali)

Docente: Luigi Garibaldi

Il corso si propone di fornire una visione la più ampia possibile delle tematiche relative alla meccanica delle vibrazioni, considerando parte integrante della materia l'identificazione e l'analisi sperimentale delle strutture vibranti. L'analisi dei segnali e la loro elaborazione sono perciò trattate sia a livello teorico che applicativo per comprendere ed utilizzare correttamente le strumentazioni tipiche dell'analisi modale. Sono proposti cenni sull'analisi di sistemi non lineari.

## REQUISITI

*Meccanica applicata.*

## PROGRAMMA

- Generalità sulle equazioni differenziali per la dinamica. Sistemi a singolo grado di libertà senza smorzamento, con smorzamento viscoso e con smorzamento isteretico. Piano delle fasi. Stabilità. Funzioni risposta in frequenza e rappresentazioni. Energie di dissipazione. [15 ore]
- Sistemi a più gradi di libertà. Disaccoppiamento delle equazioni. Coordinate modali Autovalori e deformate dinamiche. Applicazione ai casi di smorzamenti viscoso e isteretico sia proporzionale che no. Metodi di soluzione. [20 ore]
- Trasformata di Fourier. Realizzazione digitale delle acquisizioni di segnali. Convoluzione, correlazione, auto e *cross*-spettri. Statistica dei segnali. Problemi e caratteristiche della strumentazione. [20 ore]
- Misure su strutture vibranti reali. Estrazione dei parametri modali dalle misure dinamiche. Identificazione di strutture non lineari e tecniche matematiche relative. [15 ore]

## ESERCITAZIONI

Alcune esercitazioni si svolgono in aula su esercizi propedeutici all'applicazione della teoria; altre utilizzano il calcolatore per la simulazione di sistemi vibranti, altre ancora si svolgono in laboratorio per mostrare la strumentazione, assimilare la tecnica di acquisizione dei segnali e la strutturazione della catena di misura. [30 ore]

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

F.S. Tse, I.E. Morse, R.T. Hinkle, *Mechanical vibrations : theory and applications*, Allan and Bacon, 1978.

Testi ausiliari:

D.J. Ewins, *Modal testing : theory and practice*, Research Studies Press, 1984.

D. Brook, R.J. Wynne, *Signal processing : principles and applications*, Arnold, 1988.

J.S. Bendat, A.G. Piersol, *Random data : analysis and measurement procedures*, 2nd ed., Wiley, NewYork, 1986.

R.D. Blewins, *Formulas for natural frequency and mode shape*, Van Nostrand Reinhold, NewYork, 1979.

**U 338 5****Meccanica sperimentale +  
Metallurgia meccanica (i)**

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docenti: Giovanni Belingardi, Roberto Doglione

Il corso si propone di fornire agli allievi le conoscenze di base necessarie per lo svolgimento dell'analisi e della verifica sperimentale di strutture e materiali in campo meccanico. Tale scopo viene perseguito trattando in dettaglio alcune metodologie statistiche per l'impostazione e l'analisi dei risultati di prove sperimentali, alcune metodologie per il rilievo sperimentale delle deformazioni, alcune metodologie per il rilievo e l'analisi della risposta dinamica. Vengono inoltre esposti e sviluppati i concetti fondamentali della Meccanica della Frattura, con particolare riferimento al comportamento del materiale.

**REQUISITI**

Per frequentare il corso con profitto lo studente deve aver appreso ed assimilato i contenuti degli insegnamenti di *Meccanica Applicata alle Macchine*, *Scienza delle Costruzioni*, *Tecnologia dei Materiali Metallici*. Non è tuttavia richiesto il superamento formale del relativo esame.

**PROGRAMMA****1 - Meccanica Sperimentale****1.1 - Metodologie statistiche per la meccanica sperimentale. [8 ore]**

Variabile aleatoria continua e discreta, probabilità, funzione di probabilità cumulata e di densità di probabilità; campionature, valori caratteristici di un campione.

Modelli teorici di distribuzione di variabili casuali: distribuzione normale, lognormale, esponenziale, di Weibull.

Inferenza statistica, intervalli di confidenza, rango, carte di probabilità.

Analisi di regressione, misure di correlazione, analisi dei residui e analisi dell'errore.

Analisi della varianza (ANOVA) e progettazione degli esperimenti (DOE).

**1.2 - Metodologie sperimentali per l'analisi delle deformazioni. [8 ore]**

Estensimetria elettrica a resistenza: principio fisico di funzionamento dell'estensimetro elettrico, collegamenti con ponte di Wheatstone, effetto della temperatura, effetti secondari. Disposizione degli estensimetri nei casi di più comune utilizzo. Trasduttori basati sull'impiego degli estensimetri.

Fotoelasticità: principi ottici e fisici di base, legge di Snell, leggi di Brewster; polarizzatori, banchi fotoelastici per trasmissione e per riflessione; analisi dell'immagine: isocline, isostatiche, isocrome.

**1.3 - Metodologie sperimentali per l'analisi della comportamento dinamico. [6 ore]**

Richiami di meccanica delle vibrazioni, funzione di risposta in frequenza, richiami di analisi modale, parametri modali.

Strumentazione per l'analisi sperimentale: accelerometri, celle di carico, vari tipi di eccitazione e problemi di vincolo delle strutture, acquisizione dei segnali, convertitori A/D, problemi di *aliasing* e di *leakage*, coerenza.

Analisi delle funzioni di trasferimento, metodi SDOF, analisi del residuo, metodi MDOF, il metodo di Kennedy e Pancu, ottenimento dei parametri modali e delle forme modali.

1.4 - Metodi non distruttivi per l'analisi dei difetti. [4 ore]

Esposizione dei metodi più comunemente utilizzati nella pratica industriale per l'effettuazione dei controlli non distruttivi: metodi radiografici, metodi ultrasonori, metodi con liquidi penetranti, metodi magnetici.

#### ESERCITAZIONI

1. Analisi di dati campionari per il calcolo dei parametri statistici.
2. Uso delle distribuzioni analitiche
- 3., 4. Inferenza statistica ed uso delle carte di probabilità.
5. Analisi di regressione e misure di correlazione.
6. Analisi della varianza.

#### LABORATORIO

- 7., 8. Applicazione di estensimetria elettrica a resistenza.
- 9., 10. Analisi del comportamento dinamico di una struttura, analisi della FRF, parametri modali
- 11., 12. Applicazione di tecniche ad ultrasuoni.

#### BIBLIOGRAFIA

- G. Belingardi, *Strumenti statistici per la meccanica sperimentale*, Levrotto&Bella  
 A. Audenino, L. Goglio, M. Rossetto, *Metodi sperimentali per la progettazione*, Levrotto&Bella

#### ESAME

L'esame consiste in una prova orale in cui verranno anche discusse le relazioni che ciascuno studente dovrà preparare a riguardo delle attività sperimentali svolte in laboratorio.

Lo studente che vuole sostenere l'esame deve iscriversi al medesimo (attraverso la prenotazione telematica o, nel caso di indisponibilità del servizio, presso la segreteria didattica della Facoltà) con almeno tre giorni di anticipo.

**U 341 0****Meccatronica**

Anno: periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratorio: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: *da nominare*

Il corso affronta le problematiche riguardanti i dispositivi misti meccanici -elettronici presenti nell'automazione industriale e presenta alcune applicazioni caratteristiche al riguardo. Vengono in particolare analizzati i componenti di sensorizzazione, sia descrivendo le tipologie costruttive e funzionali degli strumenti atti al rilievo delle tipiche grandezze fisiche e meccaniche, sia i componenti di interfaccia e di regolazione della potenza, considerando tipiche attuazioni elettriche, pneumatiche ed idrauliche. In particolare vengono descritte le prestazioni dei componenti proporzionali pneumatici sia di tipo digitale sia di tipo continuo (valvole proporzionali e servovalvole). Vengono infine analizzati tipici schemi di sistemi di controllo della posizione, della velocità..., della forza in servosistemi pneumatici.

**REQUISITI**

*Meccanica Applicata alle Macchine*

*Controlli Automatici / Elettronica Applicata*

**PROGRAMMA**

- Definizione di sistema meccatronico. Componenti costituenti un sistema meccatronico: attuazione, sensorizzazione, interfacciamento, controllo. Specifiche di progetto e caratteristiche funzionali. Cenni su differenti tipologie di attuazione: elettrica, oleoidraulica e pneumatica. Trasmettitore e interfaccia. [6 ore]
- Scopo, funzione, e requisiti dei trasduttori utilizzati nei sistemi meccanici automatizzati. Struttura funzionale. Caratteristiche statiche: sensibilità, linearità, risoluzione, isteresi. [4 ore]
- Caratteristiche dinamiche: modellazione di un trasduttore come sistema continuo. Modello di un sistema meccanico. Richiami di funzioni di trasferimento e spazio degli stati. Esempi. Sistemi di ordine 0,1,2. Identificazione del sistema nel dominio del tempo e in frequenza. Criteri di scelta dei sensori per macchine automatiche. [6 ore]
- Principi di trasduzione. Trasduttori meccanici, pneumatici, elettrici, ottici, sonici. Trasduttori resistivi, capacitivi, induttivi, laser, effetto Hall, piezoelettrici. [8 ore]
- Trasduttori digitali: encoder e riga ottica. [4 ore]
- Tipologie costruttive di sensori per il rilievo delle grandezze meccaniche: prossimità, spostamento, velocità, forza, coppia, pressione. [4 ore]
- Scopo, funzione e requisiti dei dispositivi di interfaccia nell'attuazione a fluido (oleodinamica e pneumatica). Valvole continue e digitali. Valvole proporzionali e servovalvole. Tipologie costruttive. [4 ore]
- Blocchi funzionali di valvole proporzionali: regolazione, comando, attuazione. Valvole proporzionali in pressione e in portata. Caratteristiche funzionali, ambientali, elettriche, dimensionali, gradi di protezione, caratteristiche statiche e dinamiche. [4 ore]

- Criteri di scelta e di dimensionamento di interfacce in servosistemi a fluido. Modellazione di valvole proporzionali. Applicazioni di sistemi meccatronici con attuazione a fluido. Controlli di forza, di posizione, di pressione. [6 ore]
- Effetto dei disturbi e metodi per eliminarne gli effetti. [4 ore]
- Applicazioni delle tecniche di controllo analogico e digitale nei sistemi meccatronici. Problematiche di acquisizione di segnali analogici, di conversione A/D e D/A e di comunicazione digitale. [4 ore]
- Esempi di applicazioni industriali di sistemi meccatronici. [2 ore]

## ESERCITAZIONI

È previsto lo sviluppo di esercitazioni in supporto agli argomenti sviluppati a lezione. Gli studenti sono suddivisi in squadre, che si alternano nello svolgimento delle esercitazioni sperimentali e numeriche in 13 pomeriggi.

All'esame finale viene presentata da ogni coppia di studenti una relazione sulle attività svolte nelle esercitazioni, in cui sono riportati gli obiettivi, le metodologie, le principali caratteristiche dei componenti usati, i risultati sperimentali acquisiti, i modelli MATLAB, i risultati numerici.

### Esercitazioni Sperimentali:

Sono svolte esercitazioni sperimentali in cui vengono analizzati e valutati sia singoli componenti di trasduzione, sia sistemi completi di controllo. Nello svolgimento pratico delle esercitazioni sono acquisiti i segnali derivanti dalle prove condotte. Temi: sensore di forza, sensori di posizione resistivi e LVDT, sensori di pressione, dispositivo di controllo pressione in serbatoio, attuatore pneumatico con controllo di posizione, sistema di montaggio e identificazione.

### Esercitazioni Numeriche:

Sono svolte esercitazioni numeriche presso il LAIB. Nelle prime esercitazioni viene richiamato il linguaggio MATLAB e vengono modellizzati e simulati tipici comportamenti di sistemi meccanici. Vengono nelle esercitazioni successive modellizzati i sistemi provati durante le esercitazioni sperimentali, ne viene simulato il funzionamento e vengono confrontati i rilievi sperimentali e numerici.

## BIBLIOGRAFIA

Sorli M., Quaglia G. "*Applicazioni di Meccatronica*", CLUT Torino, 1996.

Documentazione fornita dal docente.

Appunti delle esercitazioni. a cura del docente

E.O.Doebelin "*Measurement systems*" McGraw Hill

## ESAME

L'esame viene svolto in forma orale sui contenuti del programma delle lezioni e delle esercitazioni. Viene dato un peso significativo ai contenuti della relazione sulle esercitazioni condotte e alla discussione degli stessi.

## U 385 0

## Oleodinamica e pneumatica

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali) +8 (nell'intero periodo)

Docente: Nicola Nervegna

Il corso si propone di fornire agli allievi le conoscenze di base necessarie per l'utilizzo, la scelta e la progettazione di sistemi e componenti oleodinamici e pneumatici di potenza e regolazione applicati su impianti fissi e mobili (impianti industriali, macchine utensili, veicoli). Partendo da una analisi qualitativa dei sistemi (gruppi di alimentazione e di utilizzazione) tramite l'impiego dei blocchi funzionali si giunge ad uno studio quantitativo e alla successiva conoscenza ed analisi dettagliata dei componenti.

## REQUISITI

*Meccanica dei fluidi, Macchine, Controlli automatici.*

## PROGRAMMA

*Analisi funzionale dei sistemi oleodinamici. [26 ore]*

- Trasformazioni energetiche nei sistemi oleodinamici. Analisi qualitativa: schemi circuitali normati (ISO/UNI). Analisi quantitativa: i modelli matematici. Un traduttore oggettivo: i blocchi funzionali.
- Gruppo di alimentazione a portata costante (GAQF). Analisi con i blocchi funzionali, deduzione della caratteristica portata-pressione ( $Q-p$ ) del gruppo all'interfaccia con l'utenza. Variante al GAQF con limitatrice pilotata e distributore di "vent". Soluzioni con valvole modulari a due vie.
- Gruppo di alimentazione a portata variabile per valori discreti (GAQVD). Schema a blocchi funzionali nelle varie condizioni di possibile funzionamento. Deduzione della caratteristica. Studio dei rendimenti. Pilotaggio diretto e remoto nella limitatrice di pressione. Variante al GAQVD e riflessi sul rendimento.
- Gruppo di alimentazione a portata variabile per valori continui (GAQYC). Pompa a cilindrata variabile con variazione manuale della cilindrata: caratteristica ( $Q-p$ ) in confronto con unità a portata costante.
- Gruppo di alimentazione per utenza in circuito chiuso. Schema circuitale e analisi dei componenti: pompa di sovralimentazione, valvola a pendolo, livelli di taratura delle limitatrici di pressione.
- Gruppo di alimentazione a pressione fissa vera (GAPFV). Pompa con limitatore assoluto di pressione.
- Gruppo di alimentazione a pressione fissa approssimata (GAPFA). Caratteristica verso l'utenza e rendimenti. Schemi circuitali e analisi del funzionamento con riferimento alla valvola di esclusione. Gruppi di alimentazione con utenze multiple. Uscite indipendenti, parallele, confluenti. Circuito di base per lo studio di martinetti a semplice e doppio effetto. Analisi con blocchi funzionali. Caratteristica meccanica. Configurazioni di centro del distributore. Evoluzione del circuito per inversioni di velocità e carico e per la protezione da sovrappressioni e depressioni. Caratteristica meccanica ( $F, v$ ) per carichi resistenti e trascinanti. Impiego di valvole di

controbilanciamento (VCB): blocchi funzionali e caratteristiche nel piano ( $p, F$ ) e ( $v, F$ ). Impiego di valvole overcenter (OVC): blocchi funzionali e caratteristiche nel piano ( $p, F$ ) e ( $v, F$ ). Analisi dinamica e problemi di ottimizzazione. Regolazione della velocità.

- Circuito rigenerativo con martinetto differenziale. Il principio della rigenerazione. Schema circuitale e sua semplificazione. Studio con i blocchi funzionali e deduzione della caratteristica meccanica dell'attuatore lineare.
- Collegamenti multipli tra attuatori lineari tramite valvole di controllo della direzione a 6 bocche: parallelo, *tandem*, serie. Vincoli operativi.
- Analisi delle priorità: valvola di sequenza; valvola di priorità.
- Circuito per martinetto differenziale con selezione automatica della fase rigenerativa. Blocchi funzionali e piani caratteristici ( $p, F$ ) e ( $v, F$ ). Analisi del rendimento.
- I controlli direzionali compensati. Sistema di riferimento con controllo non compensato. Piano energetico e di controllabilità. Primo e secondo controllo compensato con pompa a cilindrata variabile e 8 cilindrata fissa.
- La distribuzione controllata. Schema multiutenza *load-sensing* (LS) senza e con compensazione locale. Riflessioni relative alla taratura dei compensatori locali in relazione alla taratura del limitatore differenziale della pompa LS. Analisi energetiche e di controllabilità.
- Circuiti per sequenze, circuiti di sincronismo. Il divisore di flusso; il martinetto dosatore.
- Gruppi di utilizzazione con attuatori rotativi: motori idraulici a cilindrata fissa e variabile; dispositivi e controlli della variazione di cilindrata. Caratteristica meccanica. Motore a cilindrata variabile con azionamento manuale e ad un verso di flusso. Caratteristica meccanica. Motore con limitatore assoluto di pressione: blocchi funzionali e caratteristica nel piano ( $Q, p$ ). Collegamenti multipli per motori idraulici. Gruppi trasformatori, con elementi ad albero comune: ad una bocca ed a due bocche verso l'utenza analogia funzionale al divisore di flusso; considerazioni energetiche e blocchi funzionali. Banco prova rigenerativo: principio applicativo e blocchi funzionali.
- Servosistemi: principi relativi ai servosistemi. Retroazione meccanica di posizione: idrocoperatore. Retroazione volumetrica - meccanica di posizione: idroguida; studio delle sezioni costruttive del distributore rotante e del motore/pompa orbitale. Soluzioni reattive, non reattive e *load-sensing*.

#### *Fluidi utilizzati e componenti collegati. [6 ore]*

- Il fluido di lavoro: ideale e reale, scopi e specifiche.
- Classificazione ISO: viscosità dinamica e cinematica, viscosimetri. Diagramma viscosità cinematica - temperatura. Equazione di stato linearizzata. Comprimità e modulo di comprimità. Comprimità equivalente del sistema contenitore - fluido - aria separata. Modulo di comprimità di tubo in parte sottile.
- La contaminazione del fluido, insorgenza e natura del contaminante, la filtrazione: prova ISO *Multipass*, rapporto di filtrazione. Potere assoluto di filtrazione. Normativa.
- Il condizionamento termico del fluido. Bilancio termico e valutazione della potenza persa.

- I conduttori del fluido: rigidi e flessibili. Velocità di propagazione delle piccole perturbazioni. Studio delle portate di fuga in meati laminari. Materiali e funzionamento di guarnizioni e tenute.

*Componenti di controllo.* [18 ore]

- Valvole di controllo della direzione. Classificazione. Distributori a posizionamento discreto e continuo. Studio delle configurazioni di centro. Definizione di ricoprimento, matrice dei ricoprimenti, ricoprimento dinamico. Equilibramento radiale dei cassettei. Trattazione delle forze di flusso: contributo azionario e dinamico. Rendimento in pressione ed in portata di un distributore a posizionamento discreto. Distributori a potenziamento continuo, geometria, azionamento, caratteristiche.
- Valvole proporzionali e servovalvole. Azionamento con manipolatore. Azionamento elettrico con il *torque-motor*. Confronto tra specifiche e prestazioni di valvole proporzionali e servovalvole. Funzionamento nella soluzione a *flapper* e a *jet pipe*. Servovalvole a più stadi. Modello matematico di distributore con cassetto a posizionamento continuo.
- Valvole di controllo della pressione. Limitatrice a comando diretto. Valvola limitatrice di pressione con stadio pilota. Valvola riduttrice di pressione a comando diretto. Confronto tra soluzioni dirette e pilotate.
- Valvole regolatrici di portata. Strozzatore semplice, regolatori di portata a due e a tre vie. Caratteristiche stazionarie.

*Organi operatori e motori.* [14 ore]

- Pompe volumetriche. Caratteristiche ideali, analisi della portata e della coppia istantanea. Irregolarità di portata. *Ripple* di pressione. Studio delle caratteristiche reali. Rendimento idraulico, meccanico, volumetrico. Modelli teorici e semi-empirici di rendimento: modello di Wilson. Modelli di perdita di portata e di doppia Classificazione delle pompe. Variazione della cilindrata. Compensazione dei giochi ed equilibramento radiale.
- Accumulatori di fluido. Classificazione ed impiego. Dimensionamento adiabatico e isoterma con approssimazione a gas perfetto.
- Motori oleodinamici. Tempo di accelerazione e gradiente di potenza. Classificazione dei motori. Caratteristiche.
- Attuatori lineari. Analisi del rendimento e modello di perdita per attrito. *Stick-slip*.

*Analisi funzionale dei sistemi pneumatici. Componenti pneumatici. Oleopneumatica.* [8 ore]

- Gruppo di generazione a pressione costante. Cenni sui compressori. Dimensionamento del serbatoio. Separatori di condensa e lubrificatori.
- Gruppi di utilizzazione pneumatici. Comandi fondamentali di martinetti e motori. Applicazioni dei pilotaggi. Calcolo delle prestazioni dei ritardi in riempimento e scarico. Richiami sulle caratteristiche degli ugelli in funzionamento critico e subcritico. Caratteristiche stazionarie di valvola riduttrice di pressione. Analisi dinamica di un martinetto con strozzatori all'ammissione e allo scarico. Analisi grafica del funzionamento stazionario. Cenni sulla risposta a variazioni di carico.
- Analisi dei motori pneumatici. Studio del ciclo di lavoro e calcolo della massa d'aria per ciclo. Descrizione dei componenti reali. Reversibilità. Classificazione e caratteristiche delle regolazioni.

- Schemi costruttivi di componenti pneumatici. Circuiti oleopneumatici. Principi di controllo della velocità e della posizione. Scambiatore di pressione. Moltiplicatore di pressione. Cilindro oleopneumatico. Schemi circuitali. Presse oleopneumatiche e metodi realizzativi del principio del consenso bimanuale.

## ESERCITAZIONI.

(Cfr. il programma delle lezioni) [40 ore]

1. Normativa ISO/UNI sui simboli grafici.
2. Circuito oleodinamico elementare: calcolo della potenza assorbita, costruzione dei diagrammi ( $p, F$ ) e ( $v, F$ ).
3. Studio del primo circuito della centralina didattica di laboratorio.
4. Confronto tra attuatori collegati in serie e in parallelo.
5. Regolazione in velocità dei martinetti.
6. Effetto di moltiplicazione della pressione in un martinetto differenziale.
7. Studio del secondo e terzo circuito della centralina didattica.
8. Gruppo di alimentazione a pressione fissa approssimata: a) con pressostato e limitatrice di pressione, b) con valvola di scarico (descrizione e funzionamento).
9. Regolazione in velocità del motore oleodinamico.
10. Banco freno.
11. Sistemi *load-sensing* (LS): esempio di applicazione e caso del carrello elevatore.
12. Studio del circuito LS, risparmio energetico, controllo in velocità degli attuatori.
13. Descrizione e funzionamento della pompa a stantuffi radiali con controllo LS e valvola di priorità. Saturazione.
14. Introduzione alle trasmissioni idrostatiche (TI). Confronto delle TI a circuito aperto e a circuito chiuso. TI a coppia e a potenza costante. Progetto di TI: selezione e configurazione. TI a pressione determinata.
15. Controllo automobilistico e di velocità.
16. Trasmissione Denison in circuito chiuso: descrizione e funzionamento.
17. Esempi di valvole di regolazione della pressione e della portata.
18. Valvole di sequenza, di scarico, di riduzione della pressione, di non ritorno.
19. Divisore / ricombinatore di flusso, valvola limitatrice di pressione proporzionale, valvola di controbilanciamento, valvole regolatrici di portata a 2 e 3 vie, pompa ad ingranaggi esterni.

## LABORATORIO.

[8 ore]

1. Centralina didattica. Rilievo delle prestazioni di circuiti oleodinamici. Controllo della velocità di rotazione di motori a cilindrata fissa mediante strozzatore variabile o regolatore di portata.
2. Banco prova distributori proporzionali ed idroguida *load-sensing*.
3. Smontaggio ed esame critico di particolari costruttivi di componenti oleodinamici presenti nel banco *load-sensing* (distributore proporzionale PVG60, valvola di priorità, idroguida LS, pompa VPA 40 LS a pistoni radiali).

4. Smontaggio ed esame critico di particolari costruttivi di componenti oleodinamici (valvole Abex, Denison, Hagglunds e Fluid Controls di pressione e di portata, motori orbitali, a pistoni assiali, a palette, pompe ad ingranaggi esterni).
5. Rilievo delle caratteristiche stazionarie e dinamiche di servovalvole elettroidrauliche.

#### BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

*Oleodinamica e pneumatica*, appunti di supporto al corso, predisposti dal docente, aggiornati e riveduti ogni anno e con circolazione limitata agli allievi.

Testi ausiliari per approfondimenti:

Vengono segnalati di anno in anno nel testo di riferimento.

#### ESAME

Orale, sugli argomenti svolti e proposti a lezione, esercitazione in aula e nelle esperienze di laboratorio

Anno: periodo 4:2

Docente: *da nominare*

Il corso ha lo scopo di fornire i fondamenti teorici del metodo degli elementi finiti, con particolare riguardo all'analisi strutturale statica e dinamica in campo lineare elastico. Saranno illustrate le principali tecniche di programmazione e l'organizzazione dei programmi di calcolo più comunemente utilizzati; particolare enfasi verrà data all'uso di processori grafici interattivi ed all'interpretazione dei risultati.

### REQUISITI.

Per frequentare il corso con profitto lo studente deve aver appreso ed assimilato i contenuti degli insegnamenti di *Scienza delle costruzioni*, *Disegno meccanico*, *Costruzione di macchine*.

### PROGRAMMA

- Struttura di un *computer*; *software* di base, compilatori; *software* di calcolo scientifico. Proprietà delle matrici, algebra matriciale. Principi fondamentali del metodo agli elementi finiti. Funzione di forma. Matrice di rigidezza e sue proprietà. Elementi molla. Elementi *truss*. Matrice di trasformazione delle coordinate. Triangolarizzazione della matrice di rigidezza e metodo di Gauss. Solutori a banda e frontali. Carichi nodali equivalenti. Matrice costitutiva del materiale.
- Metodi variazionali per la definizione della matrice di rigidezza. Matrice di rigidezza dell'elemento *truss* ricavata con il metodo dei lavori virtuali. Elementi trave a due dimensioni. Vettore dei carichi nodali nel caso dei carichi ripartiti. Elementi trave a tre dimensioni; contributo del taglio, contributo della torsione assiale. Spostamenti imposti. Cerniere e condensazione statica. Equazioni di legame.
- Elementi a due dimensioni. Stato piano di tensione. Stato piano di deformazione. Coordinate generalizzate. Coordinate naturali. Elementi isoparametrici. Jacobiano e sue applicazioni nelle operazioni di derivazione e integrazione. Metodi di integrazione numerica; formule di quadratura di Newton-Cotes; metodo di Gauss-Legendre; punti di integrazione.
- Elementi triangolari a 3 e 6 nodi. Elementi quadrangolari a 4 e 8 nodi. Elementi con nodo intermedio non ben posizionato. Principali tipi di esaedro e tetraedro. Metodologie di modellazione. Criteri di convergenza. Elementi compatibili. Elementi completi.
- Elementi assialsimmetrici. Elementi a guscio sottile. *Shell* di Kirchoff. *Shell* di Mindlin. Il *locking*. Lastre curve. Effetti di membrana e di flessione. La rigidezza torsionale nella piastra piana.
- Involucri assialsimmetrici sottili. Utilizzo di elementi a diversa funzione di forma e differenti gradi di libertà. Considerazioni sulla densità della *mesh*. Esempi di *adaptive mesh refinement*. Errori di valutazione delle tensioni. Esempi e considerazioni sulle discontinuità nei valori delle tensioni.

- Concetti fondamentali di analisi dinamica. Vibrazioni libere e smorzate. Vibrazioni forzate. Formule fondamentali per i sistemi ad un grado di libertà. Fattore di amplificazione e risonanza. Matrici in analisi dinamica. Matrici di massa "consistenti" e "concentrate". Analisi modale. Guyan *reduction*. *Subspace iteration*.
- Analisi transitoria dinamica. Sovrapposizione modale. Il fattore di partecipazione modale. Metodi di integrazione diretta; metodi impliciti ed espliciti. Il metodo di Houbolt. Il metodo di Newmark; metodo di Wilson-*teta*. Analisi della stabilità e della precisione dei metodi di integrazione diretta. Operatori di approssimazione e di carico. Limite di stabilità. Applicazione ai metodi delle differenze centrali, di Houbolt, Wilson-*teta*, Newmark.
- Problemi di propagazione delle onde di tensione. Analisi di risposta armonica. Spettri di risposta. Analisi strutturale non lineare: generalità.

## ESERCITAZIONI

Come parte integrante del corso sono previste esercitazioni pratiche al computer sui principali argomenti svolti a lezione. Le esercitazioni saranno svolte raggruppando gli studenti in squadre. Ciascuna squadra dovrà preparare una relazione contenente la risoluzione dettagliata dei problemi proposti. La firma di frequenza è subordinata alla partecipazione attiva alle esercitazioni.

Richiami di calcolo matriciale. Soluzione di sistemi lineari. Metodo di Gauss. Proprietà delle matrici. Soluzione del problema agli autovalori. Esercizi sull'elemento asta. Esercizi di calcolo matriciale di strutture; struttura formata da travi; carichi concentrati e distribuiti. Assemblaggio della matrice di rigidezza tramite le condizioni di equilibrio e congruenza. Introduzione al codice agli elementi finiti ANSYS. Comandi principali.

## LABORATORIO (LAIB CAD/CAM)

1. Soluzione di esercizi di travature reticolari con ANSYS. Diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione.
2. Modello di una struttura per gru a bandiera. Soluzione del modello di gru e analisi dei risultati.
3. Schematizzazione di una mensola incastrata con elementi isoparametrici a 4 nodi. Studio della convergenza rispetto alla soluzione analitica di Saint Venant in funzione del numero di nodi del modello. Analisi della convergenza con elementi isoparametrici a 3, 4, 6 nodi. Confronto dei risultati.
4. Modello di una mensola incastrata con intagli di diversa geometria. Effetto d'intaglio; valutazione del fattore di intensificazione delle tensioni con il programma ANSYS e confronto con i valori teorici.
5. Costruzione di un modello di un dente di ruota dentata. Modellazione parametrica basata sul criterio di proporzionamento modulare. Selezione del tipo di elemento per simulare un dente di ingranaggio. Miglioramento della *mesh*; condizioni al contorno e vincoli di simmetria. Soluzione del modello del dente di ingranaggio. Confronto dei risultati con la teoria approssimata di Lewis.

## BIBLIOGRAFIA

U. Barberis, *Appunti* del corso.

M. M. Gola, A. Gugliotta, *Introduzione al calcolo strutturale sistematico*, Levrotto & Bella, Torino.

R.D. Cook, *Concepts and applications of finite element analysis*, Wiley.

K.J. Bathe, E.L. Wilson, *Numerical methods in finite element analysis*, Prentice Hall.

#### ESAME

L'esame consiste in una prova scritta seguita da una prova orale. Per accedere alla prova orale è necessario superare la prova scritta con un punteggio di almeno 15/30. La prova scritta, sostenuta senza l'ausilio di libri o appunti, consiste in esercizi sugli argomenti illustrati a lezione o durante le esercitazioni. Se il voto della prova scritta è inferiore a 25/30 (escluso) l'allievo potrà trasformarlo direttamente in voto definitivo previa una verifica orale sul contenuto delle esercitazioni e del progetto svolti durante l'anno. Per voti uguali o maggiori a 25/30 è d'obbligo, oltre alla verifica delle esercitazioni e del progetto, anche una prova orale sugli argomenti illustrati a lezione. L'allievo che lo desidera può comunque sostenere la prova orale. I risultati della prova scritta e dell'eventuale prova orale verranno mediati. Per la partecipazione all'esame è necessario presentare le relazioni relative alle esercitazioni ed al progetto.

## U 435 0

## Programmazione e controllo della produzione meccanica

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Agostino Villa

Gli obiettivi del corso sono:

- familiarizzare l'allievo con i problemi di gestione della produzione industriale, in termini di approcci *standard* e di procedure *software* commercialmente disponibili;
- sviluppare le capacità di costruzione e soluzione di modelli matematici per problemi reali di programmazione della produzione.

### REQUISITI

È indispensabile una buona conoscenza degli argomenti trattati nel corso di *Ricerca operativa*.

### PROGRAMMA

*Generalità e classificazione degli ambienti produttivi.*

- *Make-to-stock, make-to-order, assemble-to-order, engineer-to-order.* Produzione *batch* e ripetitiva. *Layout* di sistemi produttivi. Problemi di pianificazione, schedulazione e controllo. Indicatori di prestazione.

*Controllo delle scorte.*

- Modelli deterministici e stocastici.

*Manufacturing Resource Planning (MRPII).*

- Logica Material Requirements Planning (MRPI). Struttura dei pacchetti *software* MRPII. Rappresentazione della distinta base: *phantom items, features/options* e *product configuration*. *Master production scheduling*. *Lot sizing* nei pacchetti MRP: problemi di *nervousness*. Controllo avanzamento produzione.

*Just in time.*

- Obiettivi e condizioni di applicabilità. Controllo Kanban.

*Schedulazione a capacità finita.*

- Formulazioni classiche dei problemi di *scheduling* (strutture e obiettivi). Problemi non *standard* (processori *batch*, problemi periodici, *setup major/minor*, flussi rientranti). Schedulazione con regole di priorità; schedulazione dinamica; schedulazione reattiva. Pacchetti SW per la schedulazione a capacità finita e integrazione con MRP.

*Complementi di programmazione matematica.*

- Programmazione non lineare: moltiplicatori di Lagrange; funzioni obiettivo non differenziabili; teoria della dualità; metodi numerici. Programmazione a numeri interi: esempi di formulazione di modelli; metodi di soluzione (*branch and bound*; rilassamento continuo, rilassamento lagrangiano). Rafforzamento della formulazione di problemi a numeri interi; *preprocessing* automatico. Programmazione dinamica. Complessità dei problemi di ottimizzazione discreta e strategie euristiche (metodi *greedy*, *beam search*, ricerca locale, euristiche duali, formulazioni modali). Pacchetti SW per l'ottimizzazione; generatori di modelli.

*Modelli matematici a tempo discreto.*

- Modelli di *aggregate production planning*. Modelli per il *lot sizing* a capacità finita: caso di *time bucket* piccolo e *time bucket* grande; metodi *branch and bound* ed euristiche; *lot sizing* multi-livello.

*Modelli matematici a eventi discreti.*

- Modelli per il bilanciamento dei carichi. Schedulazione di macchine parallele. Modelli a grafi disgiuntivi. Problemi *flow shop* (*branch and bound* ed euristiche). Euristiche per problemi *job shop* (*shifting bottleneck*, ricerca locale). Schedulazione di macchine con tempi di *setup*. Schedulazione di processori *batch*. Controllo della produzione in ambienti ripetitivi con macchine soggette a guasti.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula sono strettamente integrate con le lezioni e riguardano: soluzione manuale di semplici problemi di programmazione con la logica MRP; soluzione di problemi di schedulazione con metodi euristici; costruzione di modelli matematici per problemi di programmazione e schedulazione della produzione.

## LABORATORIO

Le esercitazioni in laboratorio sono facoltative: vengono svolte a gruppi presso il Laboratorio di Economia e Produzione, e riguardano l'uso di pacchetti *software* di programmazione della produzione (MRP), schedulazione di dettaglio, valutazione delle prestazioni di sistemi di produzione e ottimizzazione.

## BIBLIOGRAFIA

- P. Brandimarte, A. Villa, *Gestione della produzione industriale*, UTET, 1995.  
 P. Brandimarte, A. Villa, *Advanced models for manufacturing systems management*, CRC Press, 1995.

## ESAME

L'esame si articola su una prova scritta ed una orale. L'eventuale partecipazione alle esercitazioni di laboratorio non influenza la valutazione e non richiede la preparazione di relazioni scritte.

**U 513 0****Sperimentazione sulle macchine**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Mario Rocco Marzano

Scopo del corso è quello di fornire agli studenti i concetti essenziali per affrontare i problemi connessi con le misure sperimentali sulle macchine in generale. È particolarmente indicato per coloro che intendano svolgere attività sperimentale nel campo delle macchine presso l'università, l'industria o presso istituti preposti a prove di omologazione e di collaudo.

**REQUISITI**

*Macchine, Fisica tecnica, Meccanica applicata, Elettrotecnica, Meccanica dei fluidi, Fisica 1 e 2, Analisi 1 e 2.*

**PROGRAMMA**

- Il problema della misura. [2 ore]
- Statistica. Misure ripetute. Distribuzione delle frequenze. Stima del valore vero in base al dato singolo e in base alla media del campione. [4 ore]
- Analisi ed elaborazione dei dati sperimentali. Selezione mediante il criterio di Chauvenet. Metodi di interpolazione. Minimi quadrati. [4 ore]
- Propagazione degli errori nelle misure indirette. Errore assoluto ed errore relativo, di natura accidentale e non accidentale. [2 ore]
- Sistemi fisici e sollecitazioni elementari. Sistemi del primo e del secondo ordine. Applicazioni. [6 ore]
- Strumentazione di laboratorio. Elementi elettronici della strumentazione. Amplificatore operativo. Applicazioni. Trattamento e trasmissione del segnale. [4 ore]
- Cenni sui sistemi di acquisizione dei dati. [2 ore]
- Misure di temperatura. [8 ore]
- Misure di portata di fluidi. [6 ore]
- Misure di deformazione e grandezze fisiche correlate. [4 ore]
- Misure di coppia, velocità angolare e potenza meccanica. [8 ore]
- Misure di pressione. [8 ore]
- Misure di detonazione e prove di qualificazione dei carburanti. [6 ore]
- Problematiche relative agli apparati di iniezione. [4 ore]
- Misure di inquinamento da motori a combustione interna. [8 ore]

**ESERCITAZIONI**

1. Campione statistico e stime con l'impiego delle tabelle normalizzate di probabilità.
2. Applicazione del criterio di Chauvenet classico e generalizzato.
3. Retta dei minimi quadrati come curva interpolatrice fra valori letti e valori veri.
4. Valutazione degli errori risultanti da misure indirette di potenza e di pressione.
5. Simulazione numerica e grafica delle risposte di sistemi del primo e del secondo ordine.

6. Schema di allestimento della strumentazione per la taratura di una termocoppia.
7. Schema di allestimento della strumentazione per il rilievo della caratteristica manometrica e del rendimento di una pompa idraulica.
8. Schema di allestimento del banco di prova per motori alternativi a combustione interna.
9. Visualizzazione dei valori di pressione acquisiti durante uno o più cicli di lavoro della macchina e loro elaborazione numerica e grafica.

## LABORATORIO

Visita al Laboratorio di macchine del dipartimento di Energetica del Politecnico di Torino, con la possibilità di realizzare una esperienza a scelta (secondo disponibilità) fra le seguenti:

Oscilloscopi e generatori di funzioni. Galvanometro ottico: registrazione della risposta e valutazione dello smorzamento di un sistema del secondo ordine. Trattamento del segnale: filtri elettrici passabasso e passaalto. Termocoppie: risposta al gradino e operazioni di taratura. Caratteristica manometrica e rendimento di una pompa kaplan. Caratteristica meccanica di un motore ad accensione comandata. Caratteristica di regolazione di un motore ad accensione per compressione. Strumentazione per la misura degli inquinanti. Sistema di acquisizione-dati. Cella per prove su motori a combustione interna valutazione del numero di ottano delle benzine. Banco di prova per iniettori di combustibile. Banco di prova per un motore sperimentale a fasatura variabile. Banco di prova per un motore sperimentale a carica stratificata.

Attualmente risultano espletabili presso la sede di Vercelli le seguenti esercitazioni di laboratorio:

Oscilloscopi e generatori di funzioni. Sistema di acquisizione dati.

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

G. Minelli, *Misure meccaniche*, Pàtron, Bologna.

J.P. Holman, *Experimental methods for engineers*, McGraw-Hill

Testi ausiliari:

Doebelin, *Measurement systems*, McGraw-Hill.

Beekwith, Buck, *Mechanical measurements*, Addison-Wesley, London.

R.P. Benedict, *Fundamentals of pressure, temperature and flow measurements*, Wiley.

Worthing, Geffner, *Elaborazione dei dati sperimentali*, Ed. Ambrosiana, Milano.

## ESAME

All'esame occorre portare le relazioni scritte di tutte le esercitazioni svolte durante il corso, sia in aula che in laboratorio, anche quelle a cui si fosse stati assenti, e su tutte bisogna essere preparati a rispondere. L'esame consiste in una prova orale su argomenti trattati a lezione, a esercitazione e nelle esperienze di laboratorio. In genere alle domande è necessario rispondere a voce e per iscritto (con frasi di testo, formule, schemi, diagrammi e tutto quanto si ritiene pertinente alla circostanza e opportuno al fine di illustrare in maniera chiara, organica, rapida ed efficace gli argomenti in oggetto). Si raccomanda di effettuare tempestivamente la prenotazione all'esame presso

la segreteria didattica del dipartimento di Energetica e comunque, possibilmente, entro una settimana dalla data ufficiale dell'appello.

## **S/U 541 0                      Tecnica del controllo ambientale**

Anno:periodo 5:2    Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)

Docente: Carla Lombardi

*[Testo del programma a p. 82 ]*

# Indici alfabetici per insegnamento

<b>CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE</b>	7
<b>Programmi degli insegnamenti obbligatori</b>	11
Analisi matematica 1	13
Analisi matematica 2	15
Architettura tecnica	17
Chimica	20
Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti	22
Disegno	24
Elettrotecnica	27
Fisica 1	29
Fisica 2	32
Fisica tecnica	33
Fondamenti di informatica	34
Geometria	37
Geotecnica	40
Istituzioni di economia	42
Meccanica applicata alle macchine + Macchine (i)	44
Meccanica razionale	46
Scienza delle costruzioni	49
Tecnica delle costruzioni	51
Tecnologia dei materiali e chimica applicata	52
Topografia	55
<b>Programmi degli insegnamenti d'orientamento</b>	57
Architettura e composizione architettonica	57
Caratteri distributivi e costruttivi degli edifici	59

Costruzioni in calcestruzzo armato e precompresso	61
Ergotecnica edile	62
Fotogrammetria	64
Idrologia tecnica	66
Impianti e cantieri viari	68
Impianti speciali idraulici	70
Infrastrutture idrauliche	72
Meccanica delle rocce	74
Pianificazione dei trasporti	75
Progettazione di sistemi di trasporto	77
Storia dell'architettura	79
Tecnica del controllo ambientale	82
Tecnica ed economia dei trasporti	84
Tecnica urbanistica	86
<b>CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA</b>	<b>89</b>
<b>Programmi degli insegnamenti obbligatori</b>	<b>97</b>
Analisi matematica 1	97
Analisi matematica 2	97
Analisi matematica 3 (r)	98
Calcolo delle probabilità (r)	100
Calcolo numerico	101
Campi elettromagnetici	102
Chimica	103
Comunicazioni elettriche	104
Controlli automatici	105
Dispositivi elettronici 1	108
Economia ed organizzazione aziendale	111
Elettronica applicata	112

	245
Elettrotecnica	113
Fisica 1	115
Fisica 2	115
Fondamenti di informatica	116
Geometria	117
Meccanica applicata alle macchine (r)	118
Misure elettroniche	120
Reti logiche	122
Sistemi informativi 1	123
Teoria dei circuiti elettronici	125
Teoria dei segnali	128
Termodinamica applicata (r)	129
<b>Programmi degli insegnamenti d'orientamento</b>	131
Antenne/Propagazione	131
Architettura dei sistemi integrati	134
Automazione industriale	136
Basi di dati	138
Compatibilità elettromagnetica	140
Componenti e circuiti ottici	142
Controllo dei processi	144
Elettronica delle microonde	146
Elettronica di potenza	148
Ingegneria del software	151
Microelettronica	153
Microonde	154
Misure per l'automazione e la produzione industriale	156
Reti di telecomunicazioni	158
Ricerca operativa	160

Sistemi di Elaborazione (Eln)	162
Tecnologie e materiali per l'elettronica	163
Teoria dell'informazione e codici	164
<b>CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA</b>	167
<b>Programmi degli insegnamenti obbligatori</b>	173
Analisi matematica 1	173
Analisi matematica 2	173
Chimica	173
Controlli automatici + Elettronica applicata (i)	174
Costruzione di macchine	177
Disegno di macchine + Tecnologia meccanica (i)	180
Disegno tecnico industriale	182
Economia ed organizzazione aziendale	186
Elettrotecnica + Macchine elettriche (i)	184
Fisica 1	186
Fisica 2	186
Fisica tecnica	187
Fondamenti di informatica	189
Geometria	189
Impianti meccanici	190
Macchine 1	192
Macchine 2	196
Meccanica applicata alle macchine	199
Meccanica dei fluidi	201
Meccanica razionale	203
Principi e metodologie della progettazione meccanica	204
Scienza delle costruzioni	207
Tecnologia dei materiali e chimica applicata (r)	208

	247
Tecnologia dei materiali metallici (r)	210
Tecnologia meccanica	213
<b>Programmi degli insegnamenti d'orientamento</b>	213
Automazione a fluido	215
Gestione industriale della qualità	217
Impianti termotecnici	219
Meccanica dei robot	221
Meccanica delle vibrazioni	223
Meccanica sperimentale + Metallurgia meccanica (i)	225
Meccatronica	227
Oleodinamica e pneumatica	229
Progettazione assistita di strutture meccaniche	234
Programmazione e controllo della produzione meccanica	237
Sperimentazione sulle macchine	239
Tecnica del controllo ambientale	241