

Guide ai corsi di laurea



Seconda Facoltà di Ingegneria, sede di Vercelli

**Ingegneria civile**  
**Ingegneria elettronica**  
**Ingegneria meccanica**

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

Edito a cura del CIDEM  
Centro Interdipartimentale di  
Documentazione e Museo del  
Politecnico di Torino

Supplemento al n. 3, giugno 1993 di *Linee : bollettino di informazione e cultura del Politecnico di Torino / a cura del CIDEM.* Autorizzazione Tribunale di Torino n. 3570 del 29/10/85.

Corso Duca degli Abruzzi 24 – 10129 Torino  
Tel. 011.564'6601 – Fax 011.564'6609

Stampato nel mese di agosto 1993 dalla Tipolitografia AGAT  
Via San G.B. Cottolengo 19 – 10152 Torino

## Indice

- 7 Ingegneria civile : presentazione
- 13 programmi degli insegnamenti
- 33 Ingegneria elettronica : presentazione
- 39 programmi degli insegnamenti
- 61 Ingegneria meccanica : presentazione
- 67 programmi degli insegnamenti
- 85 Indice alfabetico degli insegnamenti
- 87 Indice alfabetico dei docenti

## I corsi di laurea in Ingegneria

Questa breve guida intende illustrare l'articolazione dei corsi di laurea in Ingegneria, quale risulta, per l'anno accademico 1993/94, dallo Statuto della II Facoltà di ingegneria con sede in Vercelli<sup>1</sup>.

Nel 1993/94 a seguito della istituzione della nuova Facoltà sono attivati ufficialmente i primi quattro anni dei tre corsi di laurea previsti a Vercelli:

*Ingegneria civile*

*Ingegneria meccanica*

*Ingegneria elettronica*

Per i corsi di laurea in *Ingegneria meccanica* e in *Ingegneria elettronica* è assicurato il completamento sino al quinto anno mediante corsi seminariali.

Per permettere l'approfondimento di competenze metodologiche e di tecniche progettuali realizzative e di gestione in particolari campi, i corsi di laurea potranno, ove possibile, 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 non si fa menzione nel certificato di laurea; questi orientamenti vengono definiti annualmente dai competenti Consigli dei Corsi di Laurea, e ne viene data informazione ufficiale mediante il *Manifesto degli Studi*.

Nelle pagine che seguono, per ogni corso di laurea viene data una breve descrizione e viene illustrato il programma di attuazione degli indirizzi, e degli eventuali orientamenti previsti per ogni indirizzo.

---

<sup>1</sup> Decreto Rettoriale del 31 ottobre 1990, pubblicato sulla *Gazzetta ufficiale* n. 10 del 12 gennaio 1991.

## Gli insegnamenti

L'ordinamento didattico prevede diversi tipi di insegnamenti; questi si distinguono in monodisciplinari, monodisciplinari a durata ridotta (nel seguito indicati come corsi ridotti), e integrati.

Un *insegnamento monodisciplinare* è costituito da 80–120 ore di attività didattiche (lezioni, esercitazioni, laboratori, seminari, eccetera) e corrisponde ad una unità didattica o annualità. Un *corso ridotto* è costituito da 40–50 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 dal DPR 20 maggio 1989<sup>2</sup> è costituita dal fatto che non sono prescritti determinati insegnamenti (almeno a livello nazionale) per il conseguimento del diploma di 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. Lo stesso Statuto stabilisce l'articolazione dei vari corsi di laurea in termini di *gruppi* e di *unità didattiche*, cosicché ogni Consiglio di Corso di Laurea può più facilmente 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, che costituiscono le singole annualità, e le norme per l'inserimento degli insegnamenti non obbligatori, eventualmente organizzati in orientamenti.

A completamento della preparazione è previsto un esame, entro il terzo anno, per verificare la conoscenza di una *lingua straniera* (francese, inglese, tedesco, spagnolo, russo).

Tutte queste informazioni e norme vengono pubblicate ogni anno nel *Manifesto degli Studi* (v. *Guida dello studente*).

## Finalità e organizzazione didattica dei vari corsi di laurea

Le pagine seguenti illustrano per ognuno dei corsi di laurea attivati, ed eventualmente per ognuno dei rispettivi indirizzi, 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 in prima attuazione l'organizzazione dei corsi in periodi didattici. Le tabelle riportate nelle pagine dedicate a ciascun corso di laurea hanno valore vincolante per i primi quattro anni, mentre saranno possibili per il quinto

<sup>2</sup> Pubblicato sulla Gazzetta ufficiale n. 186 del 10 agosto 1989.

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

anno dei ritocchi alle denominazioni degli insegnamenti nell'ambito dei rispettivi gruppi e alle loro collocazioni nei periodi didattici, così come saranno possibili ritocchi nell'attivazione degli insegnamenti di indirizzo e opzionali. Tutte queste varianti verranno tempestivamente indicate nei *Manifesti degli Studi* pubblicati nei prossimi anni accademici.

## **Attitudini**

È previsto un *test orientativo attitudinale* obbligatorio per l'iscrizione alla Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino. Quest'anno il *test*, che ha lo scopo di evidenziare eventuali particolari carenze culturali e/o logiche agli aspiranti ingegneri, è previsto per il 6 settembre.

Sono previste tre fasce di risposte: chi rientra nella prima potrà procedere direttamente all'immatricolazione, senza ulteriori vincoli; a chi rientra nella seconda fascia è consigliata la frequenza ad un corso di riqualificazione con successivo esame finale; chi rientra nella terza fascia è obbligato a seguire il corso di riqualificazione e sostenere un ulteriore *test* finale, sempre con fini orientativi attitudinali.

## **Sede dei corsi, frequenza**

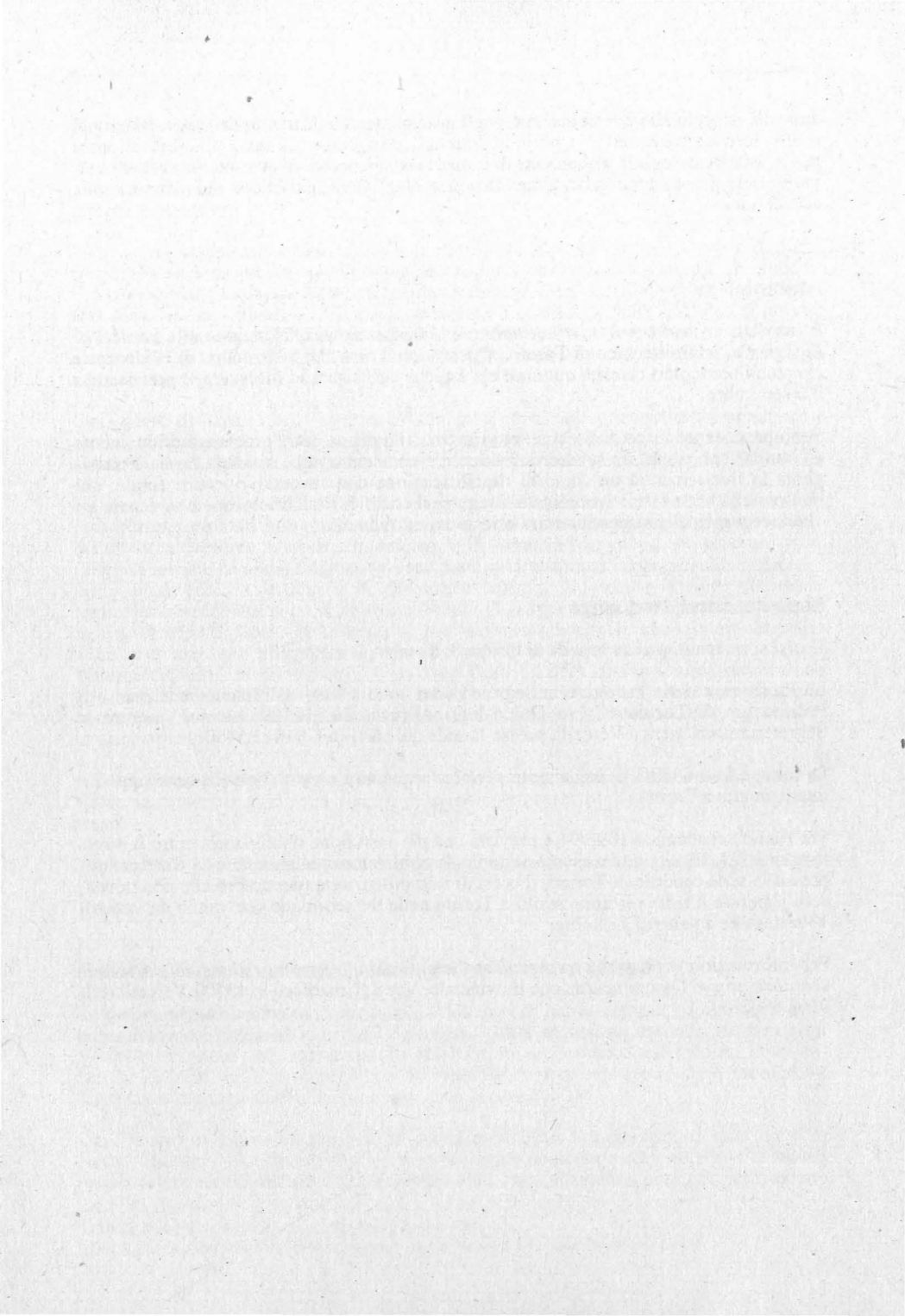
I corsi sono tenuti presso la sede di Piazza S. Eusebio 1, a Vercelli.

La Presidenza della Facoltà e la Segreteria dei corsi seminariali hanno sede presso il Politecnico di Torino (Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino), mentre la Segreteria funzionerà a Vercelli, presso la sede dei corsi (tel. 0161.254601).

Le tasse e le modalità di pagamento per chi frequenta i corsi a Vercelli sono uguali a quelle in atto a Torino.

Per l'anno accademico 1993/94 è prevista una pre-iscrizione obbligatoria entro il 4 settembre 1993, seguita da un esame attitudinale obbligatorio da sostenere (il 6 settembre) presso la sede centrale di Torino. I corsi di riqualificazione (per coloro che non dovessero superare il *test*) verranno svolti a Torino nelle tre settimane che vanno da venerdì 13 settembre a venerdì 1 ottobre.

Per informazioni è possibile rivolgersi anche al *Comitato per la gestione dei corsi universitari*, presso l'Amministrazione provinciale, Via S. Cristoforo 3, 13100 Vercelli (tel. 0161.590287).



Corso di laurea in

# Ingegneria civile

## 1 Premessa

Lo Statuto 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 (v. quadro al punto 5) e alcune materie vincolate e caratterizzanti ciascun indirizzo. La scelta di uno fra gli indirizzi sopra elencati è facoltativa.

## 2 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 della 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.

### 2.1 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.



## 2.2 *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.

## 2.3 *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.

## 2.4 *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.

## 2.5 *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.

### 3 Insegnamenti obbligatori

Il quadro didattico degli insegnamenti obbligatori per il corso di laurea in *Ingegneria civile* (v. quadro al punto 5) vincola rigidamente 21 insegnamenti. Ulteriori vincoli vengono poi introdotti con ulteriori corsi caratterizzanti ciascun indirizzo.

I 21 insegnamenti obbligatori sono:

*Analisi matematica 1*  
*Analisi matematica 2*  
*Geometria*  
*Fisica 1*  
*Fisica 2*  
*Meccanica razionale*  
*Chimica*  
*Istituzioni di economia*  
*Topografia*  
*Fondamenti di informatica*  
*Disegno*  
*Idraulica*  
*Tecnologia dei materiali e chimica applicata*  
*Scienza delle costruzioni*  
*Tecnica delle costruzioni*  
*Geotecnica*  
*Fisica tecnica*  
*Meccanica applicata alle macchine + Macchine (integrato)*  
*Elettrotecnica*  
*Architettura tecnica*  
*Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti*

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.

#### 4 Insegnamenti di indirizzo previsti dallo Statuto

Per la caratterizzazione specialistica di ogni indirizzo, la cui scelta è facoltativa, sono previsti dallo Statuto i seguenti corsi:

– Indirizzo *Edile*

*Tecnica urbanistica*

*Caratteri distributivi e costruttivi degli edifici*

*Architettura e composizione architettonica*

*Ergotecnica edile*

*Storia dell'architettura*

*Metodologie di rilevamento per la conservazione del patrimonio edilizio oppure*

*Disegno edile*

– Indirizzo *Geotecnica*

*Fondazioni*

*Meccanica delle rocce*

*Costruzioni in calcestruzzo armato e precompresso*

*Tecnica urbanistica*

– Indirizzo *Idraulica*

*Analisi dei sistemi*

*Idraulica fluviale*

*Costruzioni idrauliche oppure*

*Gestione delle risorse idriche*

*Idrologia tecnica*

– Indirizzo *Strutture*

*Fondazioni*

*Scienza delle costruzioni 2*

*Costruzioni in calcestruzzo armato e precompresso*

*Tecnica urbanistica*

– Indirizzo *Trasporti*

*Impianti e cantieri viari*

*Costruzioni speciali stradali, ferroviarie ed aeroportuali*

*Tecnica ed economia dei trasporti*

*Scienza delle costruzioni 2*

Sono inoltre prevedibili, non citati nell'elenco precedente, ma utili per completare alcuni indirizzi, i corsi:

*Impianti termotecnici*

*Fotogrammetria*

Per il completamento dei *curricula* (29 corsi complessivamente) si possono in ogni caso utilizzare le materie di altro indirizzo.

## 5 Quadro didattico degli insegnamenti

---

1:1 (1. anno, 1. periodo didattico)

S0231 : *Analisi matematica 1*

S0620 : *Chimica*

S1370 : *Disegno*

---

1:2 S2300 : *Geometria*

S1901 : *Fisica 1*

---

2:1 S0232 : *Analisi matematica 2*

S1902 : *Fisica 2*

S2170 : *Fondamenti di informatica*

---

2:2 S3370 : *Meccanica razionale*

S3040 : *Istituzioni di economia*

S6020 : *Topografia*

---

3:1 S4600 : *Scienza delle costruzioni*

S2490 : *Idraulica*

S5570 : *Tecnologia dei materiali e chimica applicata*

---

3:2 S5460 : *Tecnica delle costruzioni*

S2060 : *Fisica tecnica*

S0330 : *Architettura tecnica*

---

4:1 S3215 : *Meccanica applicata alle macchine + Macchine (integrato)*

S1790 : *Elettrotecnica*

S2550 : *Idrologia tecnica*

---

4:2 S2340 : *Geotecnica*

S1860 : *Ergotecnica edile*

S5490 : *Tecnica ed economia dei trasporti*

---

5:1 S1000 : *Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti*

S2800 : *Impianti speciali idraulici*

S5510 : *Tecnica urbanistica*

\* S0550 : *Caratteri distributivi e costruttivi degli edifici*

\* S2820 : *Impianti termotecnici*

---

5:2 S3340 : *Meccanica delle rocce*

S1090 : *Costruzioni in calcestruzzo armato e precompresso*

S2680 : *Impianti e cantieri viari*

\* S0310 : *Architettura e composizione architettonica*

\* S0020 : *Acquedotti e fognature*

\* S2190 : *Fotogrammetria*

---

In corsivo sono riportati i corsi obbligatori. Sono preceduti da un asterisco insegnamenti che possono essere scelti al posto di altri (non obbligatori e nello stesso anno e periodo didattico).

# Programmi degli insegnamenti

*I programmi sono riportati in ordine di anno e periodo didattico (a parità, in ordine alfabetico). Al termine del volume sono gli indici alfabetici generali, per titoli degli insegnamenti e per nomi dei docenti. Nell'intestazione ai singoli corsi, dove i titolari del corso siano più d'uno e afferenti ad uno stesso dipartimento, il nome del dipartimento non viene ripetuto.*

*La presente Guida è andata in stampa il 1993-08-11, e quanto riportato è da ritenersi aggiornato a quella data. La ristrettezza dei tempi di edizione non ha permesso di sottoporre all'attenzione dei singoli docenti i testi che seguono per una finale revisione: il CIDEM si scusa con docenti e studenti per eventuali sviste ed errori residui, assumendosene la responsabilità, e ringrazia anticipatamente coloro che vorranno segnalarli.*

## S/T/U 0231 Analisi matematica 1

Anno:periodo 1:1 Impegno (ore): lezioni 78 esercitazioni 52 (settimanali 6/4)

Prof. Giancarlo Travaglini (Matematica)

Scopo del corso è di rendere lo studente familiare con i principali aspetti teorici e computazionali del calcolo differenziale e integrale in una variabile. Il corso – essendo il primo di materia matematica – si preoccupa anche di evidenziare alcune caratteristiche proprie del ragionamento matematico, quali l'esemplificazione, l'astrazione, la fantasia.

### PROGRAMMA

Numeri reali. Topologia della retta. Successioni e definizione di limite. Serie. I numeri  $e$  e  $\pi$ .

Funzioni reali di variabile reale e rappresentazione grafica di funzioni elementari. Funzioni composte e inverse. Limiti di funzioni. Funzioni continue e continuità uniforme.

L'integrale di Riemann. La derivata e le sue principali proprietà. Derivazione di funzioni composte e funzioni inverse. Tecniche per il calcolo di primitive.

Il teorema fondamentale del calcolo integrale. Integrali generalizzati: tecniche per lo studio della convergenza e connessioni con le serie numeriche. Teoremi di Rolle, Lagrange e Cauchy. Teoremi di l'Hôpital.

Derivate successive. Concavità. Studio del grafico di una funzione mediante limiti e strumenti del calcolo differenziale.

Approssimazione polinomiale di Taylor: applicazioni al calcolo di limiti e all'approssimazione numerica.

Equazioni differenziali ordinarie del primo ordine in forma normale. Cenni sul problema di Cauchy e sulla prolungabilità delle soluzioni. Cenni sulla approssimazione numerica.

### BIBLIOGRAFIA

E. Giusti, *Analisi matematica 1*, Boringhieri.

## S/T/U 0620 Chimica

Anno: periodo 1:1 Impegno (ore): lezioni 85 esercitazioni 35 (settimanali 6/3)

Prof. Aldo Priola (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso si propone di fornire le conoscenze di base necessarie per la comprensione e l'interpretazione dei fenomeni chimici e di dare una breve rassegna delle proprietà ed impieghi degli elementi più comuni e dei loro principali composti. Esso si articola di conseguenza in tre parti: una di chimica generale (alla quale vengono dedicate circa 50 ore di lezione), una di chimica inorganica (circa 20 ore di lezione) ed una di chimica organica (circa 15 ore di lezione).

### PROGRAMMA

#### *Chimica generale.*

Sistemi omogenei e sistemi eterogenei. Leggi fondamentali della chimica e nomenclatura.

Teoria atomico-molecolare. Concetto di mole. Il sistema periodico degli elementi. Struttura dell'atomo. Emissione di raggi X e radiazioni luminose. Legami chimici e forze di valenza secondarie. Elementi di radiochimica.

Stato gassoso.

Stato solido.

Stato liquido.

Proprietà delle soluzioni.

Termochimica. Entropia ed energia libera di reazione. Velocità di reazione. Catalisi.

L'equilibrio chimico: legge dell'azione di massa.

Regola delle fasi. Diagrammi di stato.

Soluzioni di elettroliti. Acidi e basi. pH. Idrolisi. Elettrolisi. Serie elettrochimica.

Cenni sulla corrosione.

#### *Chimica inorganica.*

Proprietà e metodi di preparazione dei seguenti elementi e dei loro principali composti: idrogeno, ossigeno, sodio, rame, calcio, zinco, alluminio, carbonio, silicio, azoto, fosforo, cromo, zolfo, alogeni, ferro.

#### *Chimica organica.*

Proprietà e struttura delle principali classi dei composti organici.

Principali tipi di idrocarburi.

Esami dei gruppi funzionali più importanti.

Oli e grassi.

Cenni sui polimeri.

**ESERCITAZIONI.** Sono dedicate all'ampliamento di alcuni argomenti oggetto di lezione, a calcoli e ad esperienze di laboratorio.

### BIBLIOGRAFIA

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

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

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

P. Corradini, *Chimica generale*, Manfredi, Milano.

## S 1370 Disegno

Anno:periodo 1:1 Impegno (ore): lezioni 50 esercitazioni 66 laboratori 4 (settimanali 4/6)

Prof. Giuseppe Moglia (Ing. dei sistemi edilizi e territoriali)

Il corso è diretto a fornire nozioni sui metodi e sulle tecniche di rappresentazione grafica, con particolare riferimento ai supporti teorici di geometria descrittiva, e alla normativa in atto per il disegno tecnico.

Sono esaminate inoltre specifiche tecniche di rappresentazione da utilizzarsi sia nell'*iter* progettuale per l'ingegneria civile, come ausilio e supporto alla progettazione di massima ed esecutiva, sia nel rilievo dell'esistente.

### 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).

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

Un'ultima parte del corso ha per oggetto il rilievo architettonico con richiami alle strutture murarie tradizionali e moderne.

È infine richiamato il disegno assistito con l'elaboratore (sistemi CAD utilizzabili in ambito architettonico).

**ESERCITAZIONI.** laborazione di tavole grafiche su temi specifici in applicazione di quanto svolto a lezione; rilievo di edifici mediante schizzi a mano libera.

### BIBLIOGRAFIA

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

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

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.

# S/T/U 1901 Fisica 1

Anno:periodo 1:2 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 24 laboratori 24 (settimanali 6/2/2)

*Docente da nominare* (Fisica)

Il corso si propone di fornire i metodi fisici di base necessari per affrontare i problemi sia della meccanica delle particelle, dei sistemi rigidi e dei sistemi continui che delle interazioni mediate da campi vettoriali, gravitazionale ed elettrostatico. Lo studio della propagazione della luce introduce semplici nozioni di dinamica relativistica.

## PROGRAMMA

Grandezze fisiche: loro misura e rappresentazione.

Descrizione del moto: velocità e accelerazione. Invarianza galileiana. Leggi newtoniane del moto e loro applicazione a semplici problemi di dinamica.

Energia e sua conservazione. Quantità di moto e sua conservazione. Quantità di moto angolare e sua conservazione.

L'oscillatore armonico.

Dinamica elementare del corpo rigido.

Interazione gravitazionale e coulombiana. Teoria classica elementare dei campi.

Semplici problemi di statica e dinamica dei fluidi.

Proprietà meccaniche dei solidi.

Il campo elettrostatico nel vuoto.

Misura della velocità della luce. Sua invarianza. Cinematica e dinamica relativistiche elementari. Il principio di Fermat. Propagazione rettilinea della luce e basi dell'ottica geometrica. Principio di equivalenza.

**ESERCITAZIONI.** Approfondimento quantitativo di temi specifici ed impostazione teorica degli esperimenti di simulazione che sono condotti dagli studenti sui *computers* del laboratorio.

## BIBLIOGRAFIA

P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, *Fisica : meccanica, elettrostatica, ottica geometrica*, SES.

*La fisica di Berkeley : meccanica, elettricità e magnetismo (I)*, Zanichelli.



## S/T/U 2300 Geometria

Anno:periodo 1:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 40 (settimanali 6/4)

Prof. Giulio Tedeschi (Matematica)

Il corso si propone di fornire la conoscenza e di abituare all'uso di alcuni concetti algebrici (numeri complessi, sistemi di equazioni lineari, autovalori e autovettori) e geometrici (rette e curve nel piano, rette, curve, piani e superfici nello spazio) utili in un vasto ventaglio di applicazioni all'ingegneria.

**REQUISITI.** È presupposta, in quanto frequentemente utilizzata, la conoscenza del programma di *Analisi matematica I*.

### PROGRAMMA

Dopo un capitolo sostanzialmente autonomo sui numeri complessi e le equazioni algebriche si passa alla nozione di spazio vettoriale presentata come spontanea generalizzazione dei vettori della fisica.

Con l'aiuto di questo concetto fortemente unificante si studiano poi gli operatori lineari, le matrici, i sistemi di equazioni lineari, gli autovalori ed autovettori, anche in vista della risoluzione di equazioni differenziali.

Nella seconda parte del corso si passa ad aspetti più intuitivamente geometrici come lo studio di curve nel piano e di curve e superfici nello spazio mediante la ricerca di loro equazioni cartesiane e parametriche illustrando come ricavare da queste equazioni dati e proprietà utili dell'oggetto geometrico studiato.

Si accenna infine alla geometria differenziale delle curve trovando quantità ed oggetti che descrivono il comportamento locale di una curva vicino ad un punto.

### BIBLIOGRAFIA

Silvio Greco, Paolo Valabrega, *Lezioni di matematica per allievi ingegneri. Vol. 2. (tomi I e II)*, Levrotto & Bella, Torino.  
*Esercizi di geometria*, CELID, Torino.

## S/T/U 0232 Analisi matematica 2

Anno:periodo 2:1 Impegno (ore): lezioni 78 esercitazioni 50 (settimanali 6/4)

Prof. Donatella Ferraris (Matematica)

Il corso, ponendosi come terzo fra quelli propedeutici di matematica ed essendo mirato ad ampliare la preparazione di base dello studente, poggia sia metodologicamente sia come contenuti, su quanto appreso in *Analisi matematica I* e *Geometria*, ma apre anche su argomenti non del tutto preliminari e quindi abbastanza direttamente e naturalmente sviluppabili in successivi corsi.

### PROGRAMMA

Si inizia col calcolo differenziale delle funzioni da  $\mathbb{R}^n$  a  $\mathbb{R}^m$ , dapprima nel caso  $m=1$  (punti stazionari liberi, funzioni implicite, punti stazionari vincolati, massimi e minimi su compatto), poi con  $m$  qualsiasi e, in questo ambito, si rileggono le proprietà differenziali di curve e superfici.

Si prosegue con l'integrazione (multipla, curvilinea superficiale, di linea, di flusso) la cui trattazione inizia con brevi cenni alla teoria della misura e si conclude su campi vettoriali, operatori differenziali, potenziale; si enunciano i teoremi di Green, Gauss, Stokes.

Dopodiché si passa alle serie: si presentano in primo luogo quelle numeriche, e, di seguito, le successioni e le serie di funzioni (in particolare di potenze e di Fourier), dando molto rilievo al legame che esiste tra norma e tipo di convergenza ed ai teoremi su integrazione e derivazione termine a termine.

I sistemi di equazioni differenziali ordinarie costituiscono l'ultimo argomento del corso: premesse alcune generalità, si studiano quelli lineari, specialmente a coefficienti costanti, che interessano anche per i rinvii ad algebra lineare ed alle serie (matrice esponenziale).

### BIBLIOGRAFIA

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

Leschiutta, Moroni, Vacca, *Esercizi di matematica*, Levrotto & Bella, Torino, 1982.

Marcellini, Sbordone, *Esercitazioni di matematica. Vol. 2., parte I e II*, Liguori, Napoli, 1989-1991.

## S/T/U 1902 Fisica 2

Anno: periodo 2:1 Impegno (ore): lezioni 84 esercitazioni 28 (settimanali 6/2)

Prof. Michelangelo Agnello (Fisica)

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.

## S/U 2170 Fondamenti di informatica

Anno:periodo 2:1 Impegno (ore): lezioni 78 esercitazioni 26 laboratori 26 (settimanali 6/2/2)

Prof. Paolo Montuschi (Automatica e informatica)

Il corso intende fornire una visione sistemistica degli elaboratori attraverso l'analisi dei componenti che li costituiscono (architetture *hardware*, macro-componenti *software*, tecnologia). L'attenzione è focalizzata sulla struttura dell'elaboratore, sulla rappresentazione e manipolazione dell'informazione, sui principi della programmazione mediante l'uso di linguaggi evoluti quali il Pascal.

### PROGRAMMA

La prima parte del corso è rivolta ad illustrare la rappresentazione, all'interno degli elaboratori, dell'informazione numerica (numeri in virgola fissa e mobile) e non numerica (codici), le operazioni algebriche fondamentali in binario, i principi dell'algebra di Boole e la loro utilizzazione nella realizzazione dei circuiti logici, nell'automazione industriale, nella programmazione.

Successivamente si passa a descrivere la struttura del calcolatore (unità centrale, memoria centrale e memorie di massa) e le tecniche di interconnessione con i dispositivi periferici.

Si affronta poi, anche se in modo non approfondito, il funzionamento del calcolatore, il linguaggio macchina, l'*assembler* e i principali componenti *software*: il sistema operativo (in generale, e l'*MS-DOS* in particolare), i compilatori, i programmi di servizio e i programmi applicativi.

Si forniscono infine i rudimenti della programmazione strutturata utilizzando il linguaggio Pascal e, nella parte conclusiva del corso, si illustrano i sistemi per la gestione delle basi dati e altri programmi applicativi di utilità (elaboratori di testi, tabelle elettroniche, ecc.).

**ESERCITAZIONI.** Programmazione in PASCAL in aula e sugli elaboratori del Laboratorio di Informatica di Base.

### BIBLIOGRAFIA

P. Demichelis, E. Piccolo, *Informatica di base, Fortran 77 e Pascal*, Levrotto & Bella, Torino, 1987.

E. Piccolo, E. Macii, *Fondamenti di informatica : testi d'esame ed esercizi svolti*, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

E. Piccolo, *Tecniche di base e tecniche avanzate per l'uso del Personal Computer*, CLUT, Torino, 1992.

P. Prinetto, *Fondamenti di informatica : lucidi*, Levrotto & Bella, Torino, 1991.

## S 3040 Istituzioni di economia

Anno:periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 78 esercitazioni 26 (settimanali 6/2)

Prof. Piercarlo Ravazzi (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienda)

Finalità del corso è l'apprendimento della logica economica per interpretare il funzionamento dei mercati e del sistema economico sulla base delle teorie più rilevanti.

REQUISITI. Gli strumenti di base dell'algebra e del calcolo differenziale (in particolare i metodi di ottimizzazione vincolata).

### PROGRAMMA

*Strumenti di analisi del sistema economico*: contabilità nazionale, bilancia dei pagamenti e contabilità finanziaria.

*Distribuzione del reddito e sviluppo*: divisione del lavoro, produttività e prezzi naturali; rendita differenziale e tendenza allo stato stazionario; conflitto di classe e crisi del sistema.

*Il sistema economico come interazione di operatori funzionali*: il consumatore; l'impresa; la pubblica amministrazione; l'estero.

*Dalla microeconomia neoclassica alla macroeconomia di piena occupazione*: il mercato del lavoro; la teoria dell'interesse; la teoria quantitativa della moneta.

*La disoccupazione e il ruolo della politica economica keynesiana*: il mercato dei beni; il mercato monetario e finanziario; l'equilibrio interno ed esterno con prezzi fissi e flessibili.

*Strumenti di analisi dell'impresa*: il bilancio; la fase di normalizzazione per l'analisi finanziaria; analisi tradizionale; analisi manageriale.

### BIBLIOGRAFIA

P. Ravazzi, S. Rossetto, A. Villa, *Sistema economico e sistema d'impresa*, La Nuova Italia Scientifica (previsto per il 1992-93).

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

## S/U 3370 Meccanica razionale

Anno:periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 48 (settimanali 6/4)

Prof. Ida Bonzani (Matematica)

Il corso sviluppa i fondamenti fisico-matematici della meccanica del corpo rigido e dei continui deformabili, con particolare riguardo agli aspetti analitici ed applicativi connessi con l'ingegneria.

### REQUISITI

Si ritengono propedeutici gli argomenti delle *Analisi*, di *Geometria* e *Fisica I*.

### PROGRAMMA

Si introducono da un punto di vista teorico i modelli classici della meccanica (punto, corpo rigido, sistemi olonomi, continui deformabili, ...) e si richiamano alcuni strumenti matematici indispensabili per affrontarne lo studio (vettori liberi ed applicati, tensori).

Per tali modelli si sviluppa quindi la cinematica, dedicando particolare attenzione alla cinematica dei sistemi rigidi, ma fornendo anche alcuni elementi di cinematica dei continui deformabili.

Nello studio della statica, introdotta come caso particolare della dinamica, accanto ai concetti fondamentali (equilibrio, reazioni vincolari, principio dei lavori virtuali, ...) si propongono applicazioni analitiche e grafiche.

La parte centrale del corso è rivolta allo studio della dinamica (equazioni cardinali, integrali primi, teorema dell'energia, equazioni di Lagrange, vibrazioni libere e forzate). In particolare per i modelli continui deformabili si introducono le equazioni costitutive e di bilancio ed il tensore degli sforzi.

## S 6020 Topografia

Anno: periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 60 laboratori 10 (settimanali 4/4)

*Docente da nominare*

Il corso, essenzialmente propedeutico, fornisce una preparazione di base per l'esecuzione di operazioni topografiche e fotogrammetriche connesse alla progettazione, esecuzione e controllo di rilievi cartografici e tracciamento delle grandi infrastrutture.

Il corso si svolge con lezioni teoriche, esercitazioni di calcolo, laboratorio, attività di campagna per l'utilizzazione pratica delle strumentazioni.

### PROGRAMMA

Nella parte introduttiva vengono trattati alcuni elementi di geodesia e cartografia, per inquadrare quali sono gli scopi e gli ambiti di interesse della disciplina.

Vengono definite le superfici di riferimento, i campi geodetico e topografico ed introdotti elementi di rappresentazione cartografica, con maggior dettaglio per la cartografia ufficiale italiana.

Nella seconda parte del corso sono trattati elementi di teoria delle osservazioni ed il metodo dei minimi quadrati, per poter statisticamente valutare le precisioni raggiungibili con i moderni strumenti di misura ed i metodi di rilievo introdotti in seguito.

Vengono studiati gli strumenti per la misura diretta od indiretta di angoli, distanze e dislivelli e si accenna al metodo di rilievo GPS.

Il corso termina con cenni di fotogrammetria, a partire dai fondamenti analitici con una breve panoramica su tutte le fasi ed i metodi di produzione di cartografia fotogrammetrica.

**ESERCITAZIONI.** Le esercitazioni riguardano l'esecuzione di misure dirette sul terreno di reti planoaltimetriche, il calcolo e la relativa compensazione, la visita a laboratori topografici e fotogrammetrici.

### BIBLIOGRAFIA

L. Solaini, G. Inghilleri, *Topografia*, Levrotto & Bella.

G. Inghilleri, *Topografia generale*, UTET, 1974.

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

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

## S 2490    **Idraulica**

Anno:periodo 3:1    Impegno (ore): lezioni 66 esercitazioni 52 laboratori 4    (settimanali 6/4)

Prof. Maurizio ROSSO (Idraulica, trasporti e infrastr. civili)

Il corso si propone di fornire gli elementi per il proporzionamento dei recipienti destinati a contenere fluidi e delle condotte per il loro convogliamento. Partendo da una impostazione teorica, si perviene alle applicazioni pratiche, con particolare riguardo a quelle specifiche dell'area civile.

REQUISITI. È opportuno che lo studente abbia già seguito le discipline: *Analisi matematica 1 e 2, Fisica 1 e 2, Meccanica razionale.*

### PROGRAMMA

#### *Idrostatica.*

Pressione. Statica dei fluidi pesanti. Carico piezometrico. Piezometri, manometri metallici, a mercurio, semplici e differenziali. Spinta su superfici piane e curve.

#### *Idrodinamica dei fluidi perfetti e reali.*

Equazioni dei liquidi perfetti. Teorema di Bernoulli. Estensione alle correnti. Foronomia. Analisi dimensionale. Moto di Navier-Stokes, laminare, turbolento. Tubi lisci e scabri. Indice di resistenza. Formule pratiche del moto uniforme. Moto dei fluidi in condotti cilindrici. Perdite di carico localizzate. Lunghe condotte e reti di condotte.

#### *Moto vario nelle condotte in pressione.*

Colpo d'ariete nelle condotte adduttrici e negli impianti di sollevamento.

#### *Filtrazione.*

Legge di Darcy-Ritter. Falde artesiane e freatiche.

#### *Il moto permanente nei canali.*

Le trasformazioni di energia nel caso di un canale aperto. Moto uniforme e permanente in alvei prismatici. Profili di rigurgito.

#### *Il moto vario nei canali.*

### BIBLIOGRAFIA

De Marchi, *Idraulica*, Hoepli, Milano, 1986.

Citrini, Noseda, *Idraulica*, Ambrosiana, 1975.

Ghetti, *Idraulica*, Cortina, Padova, 1980.

Marchi, Rubatta, *Meccanica dei fluidi*, UTET, Torino, 1982.

## S/U 4600    **Scienza delle costruzioni**

Anno:periodo 3:1    Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 50 laboratori 10    (settimanali 4/4)

Docente da nominare (Ing. strutturale)

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 e programmazione in BASIC.

**PROGRAMMA**

Nella prima parte sono esaminate le equazioni fondamentali della statica con applicazioni numeriche.

Successivamente è condotta l'analisi dello stato di tensione e deformazione nel punto, con specializzazione alle ipotesi di Saint Venant. In questo ambito sono svolte le trattazioni relative agli sforzi semplici: pressoflessione, taglio e torsione.

Con riferimento alla teoria delle travi sono applicati i teoremi dell'energia per il calcolo di strutture iperstatiche.

Infine si forniscono cenni di teoria del second'ordine con esemplificazioni di instabilità elastica.

## **S 5570    Tecnologia dei materiali e chimica applicata**

Anno: periodo 3:1    Impegno (ore): lezioni 80 esercitazioni 20 laboratori 10    (settimanali 6/2)

Prof. Roberto Doglione (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso ha lo scopo di fornire conoscenze di base relative alle caratteristiche tecnologiche e di impiego dei materiali. Sono inoltre trattati problemi che si riferiscono alle prestazioni in opera dei materiali e relative implicazioni ambientali.

Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni, prove di laboratorio, visite di istruzione.

**REQUISITI.** Corsi di *Chimica* e di *Fisica*.

**PROGRAMMA**

Acque potabili e industriali. Trattamento delle acque di rifiuto.

Generalità sui combustibili e calcoli sulla combustione. Cenno ai carburanti e relativi problemi di inquinamento.

Diagrammi di stato.

Materiali ceramici: laterizi, terraglie, *gres*, porcellane.

Leganti aerei. Leganti idraulici: cemento Portland, pozzolanico, di altoforno, alluminoso. Caratteristiche e peculiarità di impiego.

Agglomerati cementizi. Prescrizioni ufficiali e saggi tecnici. Il calcestruzzo: rapporto A/C, lavorabilità, additivi. Reazione alcali aggregato. Calcestruzzo armato e precompresso. Calcestruzzi leggeri, porosi e cellulari.

Asfalti e bitumi.

Il legname da costruzione.

Il vetro. Vetroceramici.

Leghe ferrose: ghise e acciai. Ghise da getto, ghisa malleabile e sferoidale. Trattamenti termici e superficiali degli acciai. Acciai per l'edilizia. Cenno agli acciai speciali.

Corrosione dei materiali ferrosi e loro protezione.

Leghe di alluminio e di rame.

Materie plastiche: generalità, classificazione e utilizzazione nell'edilizia.

Vernici e pitture.

**BIBLIOGRAFIA**

M. Lucco Borlera e C. Brisi, *Tecnologia dei materiali e chimica applicata*, Levrotto & Bella, Torino, 1992.



## S 0330 Architettura tecnica

Anno:periodo 3:2 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 52 laboratori 4 (settimanali 4/4)

Prof. Riccardo Nelva (Ing. dei sistemi edilizi e territoriali)

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. Argomenti del corso di *Disegno*.

### PROGRAMMA

La prima parte del corso esamina gli elementi introduttivi alla progettazione architettonico-tecnica: le esigenze dell'utenza, i requisiti ambientali e tecnologici, le prestazioni, l'esposizione solare, l'organizzazione distributiva, il dimensionamento dei vani.

Segue una seconda parte relativa ai criteri di progetto e di realizzazione delle unità tecnologiche e dei componenti degli edifici: le intercapedini, le fondazioni, le strutture portanti verticali, le strutture portanti orizzontali, le scale, le chiusure esterne, le coperture continue e discontinue, i serramenti interni ed esterni, le partizioni, gli impianti tecnologici e la loro integrazione edilizia. Sono anche esaminati i criteri di progetto di strutture in legno per coperture, solai ed edifici leggeri.

Nell'ultima parte del corso si studiano gli aspetti e la normativa relativi alla prevenzione incendi (reazione e resistenza al fuoco, protezione delle strutture) e all'abbattimento delle barriere architettoniche.

ESERCITAZIONI. Progetti esecutivi di componenti edilizi semplici e complessi congruentemente sviluppati sulla base di un progetto di massima di un edificio.

### BIBLIOGRAFIA

Per ogni argomento monografico delle lezioni verranno forniti l'indicazione bibliografica e il relativo testo. Altri testi:

R. Nelva, *Le coperture discontinue : guida alla progettazione*, BE-MA, Milano, 1989.  
*Norme UNI*.

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

## S/U 2060 Fisica tecnica

Anno:periodo 3:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 40 laboratori 4 (settimanali 5/3)

Prof. Gian Vincenzo Fracastoro (Energetica)

Il corso ha lo scopo di fornire agli allievi le metodologie di base per l'analisi dei problemi di termodinamica applicata, trasporto di calore e di massa, stabilendo un collegamento fra i corsi del biennio e quelli del triennio. Si forniscono anche nozioni elementari di illuminotecnica ed acustica.

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

**PROGRAMMA**

Dopo una parte introduttiva sulle definizioni fondamentali e i principi della termodinamica si descrivono i principali cicli termodinamici a gas (Otto, Diesel, Joule, cicli rigenerativi) e a vapore (Rankine e cicli inversi). Si forniscono anche cenni sull'aria umida e le trasformazioni negli impianti di condizionamento.

Vengono poi brevemente riprese le equazioni generali di conservazione e il calcolo delle resistenze d'attrito distribuite e concentrate.

Si esaminano i meccanismi di scambio termico: conduzione stazionaria mono- e bi-dimensionale, transitori termici; convezione naturale e forzata; irraggiamento, leggi del corpo nero e scambio termico fra corpi neri e grigi. Vengono poi introdotti i problemi di diffusione di massa (diagramma di Glaser), le alette di raffreddamento e gli scambiatori di calore.

Si introducono alcuni cenni di fotometria e colorimetria illustrando poi il calcolo dell'illuminamento prodotto da sorgenti luminose naturali e artificiali.

Infine vengono fornite alcune nozioni di acustica fisiologica ed alcuni metodi per il calcolo dei fenomeni di fonoassorbimento e fonoisolamento.

**BIBLIOGRAFIA**

C. Boffa, P. Gregorio, *Elementi di fisica tecnica*, Levrotto & Bella, Torino, 1980.

L. Mattarolo, *Termodinamica applicata*, CLEUP, Padova, 1977.

P. Anglesio, M. Calì, G.V. Fracastoro, *Esercitazioni di fisica tecnica*, CELID, Torino, 1985.

P. Gregorio, *Esercizi di fisica tecnica*, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

**S 5460    Tecnica delle costruzioni**

Anno:periodo 3:2    Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 50 laboratori 10    (settimanali 4/4)

Prof. Paolo Vallini (Ing. strutturale)

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 seconda 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.

## S 1790 Elettrotecnica

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 50 esercitazioni 50 (settimanali 4/4)

Prof. Edoardo Barbisio (Ing. elettrica industriale)

Scopo del corso fornire i concetti fondamentali dell'analisi dei circuiti in regime costante e sinusoidale; dare nozioni di calcolo relative ai campi stazionari per il dimensionamento di elementi di impianti; analizzare impianti e macchinari elettrici di più frequente uso in ambito civile ed industriale.

### PROGRAMMA

Reti elettriche a costanti concentrate in regime stazionario e sinusoidale quasi stazionario, fasori.

Bipoli elementari: resistore, induttore, condensatore, generatori ideali di tensione e di corrente.

Potenza istantanea, attiva, reattiva e apparente; teorema di Boucherot. Rifasamento. Cenni sugli strumenti di misura.

Metodi generali per lo studio delle reti elettriche.

Teoremi di Thévenin e Millman.

Reti in regime transitorio (ad una costante di tempo).

Sistemi trifasi simmetrici ed equilibrati: misure di potenza con inserzione Aron e rifasamento.

Impianti di illuminazione.

Trasformatori monofasi e trifasi. Autotrasformatori.

Impianti elettrici di distribuzione in bassa e media tensione.

Dimensionamento e protezione delle condutture.

Impianti di messa a terra e normative anti-infortunistiche. Misure sugli impianti di terra.

Macchine ad induzione trifase e monofase.

Macchine a corrente continua.

### BIBLIOGRAFIA

Civalleri, *Elettrotecnica*, Levrotto & Bella, Torino.

Fiorio, Gorini, Meo, *Appunti di elettrotecnica*, Levrotto & Bella, Torino.

Laurentini, Meo, Pomè, *Esercizi di elettrotecnica*, Levrotto & Bella, Torino.

Fiorio, *Problemi di elettrotecnica*, CLUT, Torino.

## S 2550 Idrologia tecnica

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 40 (settimanali 4/4)

Prof. Michele Di Natale (Idraulica, trasporti e infrastr. civili)

Il corso di *Idrologia tecnica* si propone quale corso indispensabile per la valutazione degli elementi idrologici necessari alla progettazione di acquedotti e fognature, impianti di depurazione, ecc. e alla valutazione dell'impatto ambientale di tipo idrologico, delle strutture che possono interessare le falde e i corsi d'acqua.

### PROGRAMMA

Elaborazioni statistiche con particolare riferimento alle variabili idrologiche, distribuzioni di probabilità delle grandezze idrologiche intese come variabili casuali, correlazione e regressione, regolarizzazione di variabili idrologiche e *tests* statistici.

Elementi di idrologia stocastica.

Genesi, caratteristiche e misura degli afflussi meteorici, precipitazioni giornaliere e mensili, tipi di regime pluviometrico, precipitazioni massime e minime, piogge ragguagliate, curve di possibilità climatica. Studio del manto nevoso.

Bacini imbriferi; parametri morfologici; reti idrografiche.

Bilancio idrologico di un bacino, regimi tipici dei corsi d'acqua italiani.

Descrizione della formazione dei deflussi di piena e dell'idrogramma di piena.

Modelli matematici di formazione dei deflussi di piena. Stima delle portate di massima piena.

Laminazione delle piene dovute ad un lago. Studio della propagazione dell'onda di piena e modellistica numerica relativa.

Preannuncio e controllo delle piene. Regolazione delle portate. Curva di durata delle portate e caratteristiche di utilizzazione. Magre dei corsi d'acqua.

## S 3215 Meccanica applicata alle macchine + Macchine

(Corso integrato)

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 65 esercitazioni 40 (settimanali 4/4)

Prof. Paolo Campanaro,

Prof. Patrizio Nuccio (Energetica)

La prima parte del corso ha lo scopo di fornire agli allievi civili gli elementi fondamentali per poter affrontare lo studio dei problemi meccanici che riguardano le macchine. Nella seconda parte del corso vengono illustrate le prestazioni di massima delle principali macchine a fluido che l'ingegnere civile può trovarsi ad utilizzare.

### PROGRAMMA

*Meccanica applicata alle macchine.*

Richiami di cinematica e di dinamica.

Studio cinematico di alcuni sistemi articolati e di eccentrici piani.

Leggi dell'attrito e dell'aderenza; teoria elementare della lubrificazione.

Lavori e rendimenti nelle coppie elementari.

Ruote dentate. Rotismi ordinari ed epicicloidali.

Giunti, cuscinetti a rotolamento, organi flessibili, freni e innesti.

Sistemi oscillanti ad un grado di libertà.

Dinamica degli alberi rotanti.

*Macchine.*

Elementi di termodinamica e fluidodinamica.

Compressori di gas.

Pompe volumetriche e turbopompe.

Cenni sulle trasmissioni idrauliche.

Turbine a vapore, turbine a gas, turbine idrauliche.

Motori alternativi a combustione interna.

Delle macchine trattate vengono illustrate le prestazioni e i metodi di regolazione.

**ESERCITAZIONI.** Sono previste esercitazioni di calcolo concernenti esempi di applicazione degli argomenti trattati a lezione.

### BIBLIOGRAFIA

Sono resi disponibili agli allievi appunti sui principali argomenti trattati.

## S 1860 Ergotecnica edile

Anno: periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 52 esercitazioni 52 (settimanali 4/4)

Prof. Luigi Morra (Ing. dei sistemi edilizi e territoriali)

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 determinante delle norme tecniche.

### PROGRAMMA

- 1 Metodi e strumenti per la progettazione: modelli di comportamento e modelli di funzionamento per gli elementi del sistema; scelte funzionali-spaziali, tecnologiche ed operative per l'organismo; integrazione dei componenti nel sistema.
- 2 Razionalizzazione degli aspetti dimensionali della progettazione; coordinazione dimensionale e modulare nel sistema ambientale e nel sistema tecnologico; inaccuratezze e tolleranze geometrico-dimensionali degli elementi tecnici.
- 3 La progettazione e la programmazione operativa: impianto dei cantieri, piani operativi, ottimizzazione delle risorse, tecniche di programmazione e corrispondenti ausili informatici.
- 4 La produzione: produzione di materiali, semilavorati ed elementi semplici; prefabbricazione di elementi tecnici, sottosistemi e sistemi; costruzione nel cantiere infrastrutturale, della nuova edificazione o del recupero edilizio.
- 5 La progettazione e la programmazione economica: preventivazioni di costo, scelta di macchinari e attrezzature, piani economico-finanziari dell'intervento.
- 6 La qualità: sua specificazione e suo controllo; le norme tecniche, disponibilità normativa nazionale, sovranazionale europea, internazionale ed estera (in particolare in tema di controllo delle prestazioni).
- 7 La sicurezza sul cantiere: regolamentazioni, piani di sicurezza.
- 8 La gestione delle opere: uso degli spazi e delle attrezzature, esercizio degli impianti, manutenzione ordinaria, manutenzione straordinaria, ristrutturazione, demolizione con riciclo di parti e materiali; durabilità, affidabilità e manutenibilità degli elementi; piani e programmi di gestione; strategie manutentive.

### ESERCITAZIONI

Sviluppo progettuale di un organismo edilizio non residenziale semplice, con speciale riguardo alla coordinazione geometrico-dimensionale dei componenti industrializzati ed al corrispondente controllo in fase esecutiva.

Applicazioni grafiche su temi trattati nel corso; sopralluoghi in cantieri; visite a sedi di progettazione, ad impianti produttivi, a laboratori di controllo prestazionale.

### BIBLIOGRAFIA

L. Morra, *Controlli metrici in edilizia*, CLUP, Milano, 1991.

P. N. Maggi, *Metodi e strumenti di ergotecnica edile*, CLUP, Milano 1988.

G. Blachère, *Building principles, industrial processes*, Dir. Gen. Internal Market CEE, Bruxelles, 1987.

L. Galetti, *Elementi di ergotecnica edile*, CLUP, Milano, 1981.

Per i diversi argomenti monografici verranno altresì fornite specifiche indicazioni bibliografiche.

## S 2340 Geotecnica

Anno: periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 50 (settimanali 4/4)

Prof. Vito Ghionna (Georisorse e territorio)

L'insegnamento si pone come obiettivo l'apprendimento dei concetti fondamentali della meccanica dei terreni di fondazione. Lo studio del comportamento meccanico del terreno è svolto con riferimento ai risultati sperimentali delle prove di laboratorio ed all'analisi tecnica dei fenomeni secondo i principi della meccanica del continuo. I risultati di tali studi vengono utilizzati per la risoluzione di temi di interesse applicativo fondamentalmente riconducibili ai problemi di stabilità (rottura del terreno) e di deformazione (cedimento di fondazioni).

### PROGRAMMA

Le lezioni prevedono una prima parte del corso dedicata alle proprietà fisiche dei terreni ed alle proprietà indice.

Successivamente viene analizzato lo stato tensionale naturale (tensioni geostatiche) e la distribuzione delle tensioni indotte da sovraccarichi.

Vengono quindi trattati i fenomeni di flusso stazionario e transitorio e l'analisi delle relazioni tra sforzi e deformazioni, per fornire i criteri di valutazione della resistenza al taglio dei terreni.

Nella seconda parte del corso vengono sviluppati i metodi di calcolo delle opere di fondazione, delle costruzioni in terra e delle opere di sostegno, sia con riferimento allo stato limite ultimo sia a quello di servizio.

**ESERCITAZIONI.** Vengono svolti esempi relativi agli argomenti trattati alle lezioni, con particolare riguardo alle applicazioni progettuali dell'ingegneria edile.

### BIBLIOGRAFIA

R. Lancellotta, *Geotecnica*, Zanichelli.

## S 5490      **Tecnica ed economia dei trasporti**

Anno: periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 60 laboratori 8 (settimanali 4/4)

Prof. Adelmo Crotti (Idraulica, trasporti e infrastr. civili)

Il corso è di base per tutto quanto attiene alla mobilità delle persone e delle merci, alle metodologie di gestione dei vari servizi pubblici e privati, alle correlazioni tra infrastrutture e veicoli. Esso tratta quindi i sistemi di trasporti terrestri, aerei, marittimi e per vie d'acqua interne in un'ottica pianificatoria sia economica che di esercizio.

### PROGRAMMA

Problemi energetici e riflessi sul sistema dei trasporti. Il conto nazionale dei trasporti nel quadro nazionale del bilancio ed in raffronto al prodotto interno lordo.

Panorama, problematiche e struttura dei trasporti ferroviari, stradali, aerei, navali e per vie d'acqua.

I trasporti urbani e suburbani. Capacità e potenzialità di linea e delle infrastrutture terminali.

Pianificazione dei trasporti e modelli di simulazione.

Indici di produttività e forme di gestione del servizio di trasporto.

Le forme di mercato e la domanda di trasporto. Il costo dei diversi modi di trasporto.

Le previsioni della domanda e l'offerta del trasporto. I prezzi e le tariffe.

I bilanci delle aziende di trasporto. I piani di finanziamento per la realizzazione e la gestione dei sistemi di trasporto. La valutazione degli investimenti. L'analisi costi-benefici.

La politica dei trasporti nella CEE.

### BIBLIOGRAFIA

R. Grisoglio, *Dispense di tecnica ed economia dei trasporti*, CLUT, Torino, 1985.

T. Di Fazio, *Note sulla evoluzione dei mezzi e dei sistemi per la trazione ferroviaria*, Levrotto & Bella, Torino, 1979.

A. Russo Frattasi, *Note di economia e pianificazione dei trasporti*, CLUT, 1984.





Corso di laurea in

# Ingegneria elettronica

## 1 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 sottosettori 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 prefigurano 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.

## 2 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*, mezza annualità), cui si riserva il compito primario di insegnare le funzioni di variabile complessa e le trasformate integrali (soprattutto Fourier), e si introduce mezzo corso 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 parziali (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 I:*  
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 dei corsi obbligatori attivati.

---

1:1 (1. anno, 1. periodo didattico)

T0231 : Analisi matematica 1  
T0620 : Chimica

---

1:2 T1901 : Fisica 1  
T2300 : Geometria  
T2170 : Fondamenti di informatica

---

2:1 T0232 : Analisi matematica 2  
T1902 : Fisica 2  
T1790 : Elettrotecnica

---

2:2 T1440 : Dispositivi elettronici  
T0234 : Analisi matematica 3 (ridotto)  
T0494 : Calcolo delle probabilità (ridotto)  
T5954 : Termodinamica applicata (ridotto)  
T3214 : Meccanica applicata alle macchine (ridotto)

---

3:1 T5770 : Teoria dei circuiti elettronici  
T5800 : Teoria dei segnali  
T0510 : Calcolo numerico

---

3:2 T1710 : Elettronica applicata  
T0530 : Campi elettromagnetici  
T5011 : Sistemi informativi 1

---

4:1 T0802 : Comunicazioni elettriche  
T3670 : Misure elettroniche  
T3570 : Microonde oppure  
T0760 : Compatibilità elettromagnetica

---

4:2 T0840 : Controlli automatici  
T4540 : Reti logiche  
T3560 : Microelettronica oppure  
T6120 : Elettronica delle microonde

---

5:1 (corsi seminariali)  
X<sub>1</sub>  
X<sub>2</sub>  
X<sub>3</sub>

---

5:2 (corsi seminariali)  
T1530 : Economia ed organizzazione aziendale  
X<sub>4</sub>  
X<sub>5</sub>

---

X<sub>1</sub>-X<sub>5</sub>: corsi di orientamento.

# Programmi degli insegnamenti

*I programmi sono riportati in ordine di anno e periodo didattico (a parità, in ordine alfabetico). Al termine del volume sono gli indici alfabetici generali, per titoli degli insegnamenti e per nomi dei docenti. Nell'intestazione ai singoli corsi, dove i titolari del corso siano più d'uno e afferenti ad uno stesso dipartimento, il nome del dipartimento non viene ripetuto.*

*La presente Guida è andata in stampa il 1993-08-11, e quanto riportato è da ritenersi aggiornato a quella data. La ristrettezza dei tempi di edizione non ha permesso di sottoporre all'attenzione dei singoli docenti i testi che seguono per una finale revisione: il CIDEM si scusa con docenti e studenti per eventuali sviste ed errori residui, assumendosene la responsabilità, e ringrazia anticipatamente coloro che vorranno segnalarli.*

## **T 0231      Analisi matematica 1**

Anno:periodo 1:1    Impegno (ore): lezioni 78 esercitazioni 52 (settimanali 6/4)

Prof. Giancarlo Travaglini (Matematica)

*[Descrizione dettagliata riportata a p. 13]*

## **T 0620      Chimica**

Anno:periodo 1:1    Impegno (ore): lezioni 85 esercitazioni 35 (settimanali 6/3)

Prof. Aldo Priola (Scienza dei materiali e ing. chimica)

*[Descrizione dettagliata riportata a p. 14]*

## T 1901 Fisica 1

Anno:periodo 1:2 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 24 laboratori 24 (settimanali 6/2/2)

Docente da nominare (Fisica)

[Descrizione dettagliata riportata a p. 16]

## T 2170 Fondamenti di informatica

Anno:periodo 1:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 30 laboratori 20 (settimanali 6/2/2)

Prof. Luigi Ciminiera (Automatica e informatica)

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 Pascal. Vengono inoltre fornite nozioni introduttive sulla struttura degli elaboratori e sulla rappresentazione dell'informazione al loro interno.

### PROGRAMMA

La prima parte del corso è rivolta all'interno degli elaboratori, dell'informazione numerica (numeri in virgola fissa e mobile) e non numerica (codici), le operazioni algebriche fondamentali in binario, i principi dell'algebra di Boole e l'applicazione dei teoremi alla minimizzazione delle espressioni logiche.

Successivamente si passa a descrivere la struttura del calcolatore (unità centrale, memoria centrale e memorie di massa) e le tecniche di interconnessione con i dispositivi periferici.

Si affronta poi, anche se in modo non approfondito, il funzionamento del calcolatore, il linguaggio macchina, l'*assembler* e i principali componenti *software*: il sistema operativo (in generale, e l'MS-DOS in particolare), i compilatori, i programmi di servizio e i programmi applicativi.

Si forniscono infine i principi della programmazione strutturata utilizzando il linguaggio Pascal e, nella parte conclusiva del corso, si illustrano alcuni algoritmi di uso comune, quali quelli di *sort e merge* dei dati, quelli ricorsivi, quelli per la visita di alberi binari, ecc.

ESERCITAZIONI. Sono previste esercitazioni di programmazione in Pascal in aula e sugli elaboratori del Laboratorio di Informatica di Base.

### BIBLIOGRAFIA

P. Demichelis, E. Piccolo, *Informatica di base, Fortran 77 e Pascal*, Levrotto & Bella, 1987.

E. Piccolo, E. Macii, *Fondamenti di informatica : testi d'esame ed esercizi svolti*, 2. ed., Levrotto & Bella, 1992.

E. Piccolo, *Tecniche di base e tecniche avanzate per l'uso del Personal Computer*, CLUT, 1992.

N. Wirth, *Algoritmi + strutture dati = programmi*, Tecniche Nuove.

## T 2300 Geometria

Anno:periodo 1:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 40 (settimanali 6/4)

Prof. Giulio Tedeschi (Matematica)

[Descrizione dettagliata riportata a p. 17]



## T 0232      **Analisi matematica 2**

Anno:periodo 2:1    Impegno (ore): lezioni 78 esercitazioni 50 (settimanali 6/4)

Prof. Donatella Ferraris (Matematica)

[Descrizione dettagliata riportata a p.18 ]

## T 1790      **Elettrotecnica**

Anno:periodo 2:1    Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 50 (settimanali 6/4)

Prof. Flavio Canavero (Elettronica)

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.** Il corso presuppone le conoscenze di matematica impartite al primo anno. I concetti che si sviluppano nel corso sono essenziali per la comprensione delle applicazioni elettroniche che lo studente incontrerà in molti corsi successivi.

### 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.

Doppi bipoli: caratterizzazione matriciale, connessioni, reciprocità.

Campi elettromagnetici in regime quasi stazionario: derivazione delle leggi di Kirchhoff dalle equazioni di Maxwell, calcolo di parametri di rete.

Linee di trasmissione: caratterizzazione e studio della propagazione di segnali.

Cenni sul funzionamento delle macchine elettriche: trasformatore, motore in corrente continua, motore in corrente alternata.

### 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.

## T 1902      Fisica 2

Anno:periodo 2:1 Impegno (ore): lezioni 84 esercitazioni 28 (settimanali 6/2)

Prof. Michelangelo Agnello (Fisica)

[Descrizione dettagliata riportata a p. 19]

## T 0234      Analisi matematica 3

(Corso ridotto, 1/2 annualità)

Anno:periodo 2:2 Impegno (ore settimanali): lezioni 6 esercitazioni 4

Prof. Giancarlo Travaglini (Matematica)

REQUISITI. *Analisi matematica 2.*

### PROGRAMMA

Richiami sulle proprietà delle funzioni di due variabili reali.

Topologia. Integrali di curva e forme differenziali.

Richiami sui numeri complessi.

Funzioni di variabile complessa: limiti e continuità. Rappresentazione delle funzioni di variabile complessa.

Integrali di curva sul piano complesso.

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. Applicazioni al calcolo di integrali reali.

Serie di potenze. Zeri di funzioni analitiche. 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. Applicazioni al calcolo di integrali reali. Il principio dell'argomento. I teoremi di Rouch e Hurwitz.

Trasformata di Laplace. Proprietà e regolarità della trasformata di Laplace. Trasformata di Laplace e convoluzione. Teoremi del valore iniziale e finale. Calcolo esplicito di alcune trasformate. 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. Trasformata di Fourier e convoluzione. Trasformata di Fourier e derivazione. Antitrasformata e formula integrale di Fourier. Formula di Parseval.

### BIBLIOGRAFIA

L. Pandolfi, *Complementi di analisi matematica. Vol. 1*, Levrotto & Bella, Torino.

## T 0494 Calcolo delle probabilità

(Corso ridotto, 1/2 annualità)

Anno:periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 30 esercitazioni 15

Docente da nominare (Matematica)

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 disuguaglianza 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 1440 Dispositivi elettronici

Anno:periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 20 laboratori 20 (settimanali 6/2/2)

Prof. Giovanni Ghione (Elettronica)

Il corso è l'insegnamento fondamentale per gli orientamenti rivolti verso i componenti e le tecnologie elettroniche. Dopo un richiamo dei concetti fondamentali della fisica dei solidi, si ricavano a partire da questi le principali caratteristiche dei materiali dei semiconduttori; quindi vengono descritti i fondamentali dispositivi a semiconduttore dei sistemi elettronici, con nozioni sulla tecnologia dei circuiti integrati.

REQUISITI. *Fisica 2, Elettrotecnica.*

### PROGRAMMA

*Cenni di fisica dei solidi.*

Equazione di Schrödinger. Barriera di potenziale: effetto *tunnel*. Struttura cristallina. Semiconduttori IV e III-V gruppo.

*Fenomeni di trasporto.*

Teoria delle bande di energia nei cristalli. Fenomeni di generazione e ricombinazione. Mobilità. Funzione distribuzione degli elettroni, densità degli stati.

*Teoria elementare dei semiconduttori.*

Semiconduttore intrinseco e semiconduttori drogati. Concentrazione dei portatori e legge dell'azione di massa. Equazione di continuità

*Giunzione metallo-semiconduttore.*

Barriera Schottky. Tecnica di misura C(V) dei profili di drogaggio. Diodo Schottky e contatti metallici.

*Giunzione p-n.*

Giunzione all'equilibrio. Correnti nel diodo. Comportamento dinamico del diodo e modello a controllo di carica. Fenomeni di rottura: effetto Zener, effetto valanga.

*Tecnologia dei circuiti integrati.*

Circuiti integrati ibridi: substrati, componenti passivi. Tecnologia planare: fasi del processo. Crescita del monocristallo. Ossidazione, litografia ottica, attacco chimico. Impiantazione ionica. Crescita epitassiale, deposizione di polisilicio e di ossidi. Cenni sulla tecnologia dell'arseniuro di gallio. Interconnessioni metalliche, elettromigrazione, *packaging* e *testing*. Resistori integrati.

*Transistore a effetto di campo a giunzione.**Transistore bipolare.*

Effetto transistor. Regioni di funzionamento. Modello di Ebers-Moll. Effetto Early. Tempi di commutazione, modello a controllo di carica. *Breakdown* a valanga e perforazione diretta.

*Tecnologia dei transistori integrati.*

Componenti per applicazioni analogiche e digitali. Isolamento a ossido. Transistore parassita. Transistori *pnp*. Modello di processo.

*MOSFET.*

Diodo MIS. MIS non ideale, tensione di soglia. Modelli analitici dei MOS. MOS ad arricchimento e a svuotamento. Tecniche per il controllo della tensione di soglia. FET di potenza: VMOS, HEXFET.

ESERCITAZIONI. Verranno svolte esercitazioni numeriche sui modelli dei componenti e dimostrazioni al LAIB di uso di PSPICE.

**BIBLIOGRAFIA**

Appunti di lezione.

M.J. Cooke, *Semiconductor devices*, Prentice Hall, 1990.

R.S. Muller, T.I. Kamins, *Device electronics for integrated circuits*, 2nd ed., Wiley, New York, 1986.

*Tabelle e grafici dei materiali e componenti per l'elettronica*, a cura di C. Naldi, CELID, Torino, 1987.

# T 3214 Meccanica applicata alle macchine

(Corso ridotto, 1/2 annualità)

Anno:periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 30 esercitazioni 20

Prof. Vittorio Marchis (Meccanica)

Scopo del corso è quello di fornire gli elementi necessari alla comprensione dei fenomeni meccanici fondamentali e alla modellazione funzionale dei sistemi meccanici, nella loro essenzialità.

Anche le considerazioni teoriche di base debbono trovare un riscontro applicativo nella loro applicazione e sempre fare riferimento a sistemi reali e di immediata identificazione.

## PROGRAMMA

*I sistemi meccanici.*

Introduzione. Definizioni.

*Le leggi del moto (cinematica).*

Velocità e accelerazioni. Moti elementari. Moti complessi. Correlazioni cinematiche nei sistemi rigidi.

*Le forze nei sistemi meccanici (statica).*

Equilibrio ed equivalenza di forze. Momento di una forza.

*La causalità nei sistemi meccanici (dinamica).*

Forze ed accelerazioni. Gli stati di un sistema meccanico. Il comportamento dinamico dei sistemi meccanici. L'impulso di una forza. La quantità di moto.

*Considerazioni energetiche sui sistemi meccanici.*

Lavoro ed energia. I fenomeni dissipativi. Equilibrio ed energia nei sistemi meccanici. I fenomeni di urto.

*Sistemi meccanici a massa distribuita.*

Baricentri e momenti statici e di inerzia. La dinamica dei sistemi rigidi a massa distribuita.

*I sistemi meccanici elementari.*

Meccanismi e catene cinematiche. L'integrazione dei sistemi meccanici. Cenni sulla congruenza degli spostamenti nei sistemi meccanici. La simulazione dei sistemi meccanici. I fenomeni non lineari (cenni).

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula consistono nella risoluzione di esercizi "classici" di meccanica e nella formulazione di modelli. Le esercitazioni in laboratorio (LAIB) consistono nella sperimentazione e simulazione di modelli numerici di sistemi meccanici.

## BIBLIOGRAFIA

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

## T 5954 Termodinamica applicata

(Corso ridotto, 1/2 annualità)

Anno:periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 30 esercitazioni 20 laboratori 10

Prof. Armando Tuberga (Energetica)

Il corso intende riprendere 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 rivisti i fenomeni di trasporto del calore fornendo gli strumenti per la soluzione di problemi per lo scambio termico con particolare riferimento a quelli connessi con la distribuzione del calore entro componenti elettronici.

### PROGRAMMA

*Richiami teorici:* definizione delle grandezze termodinamiche caratterizzanti un sistema, trasformazioni reversibili ed irreversibili, primo e secondo principio della termodinamica. Generalizzazione del primo principio della termodinamica.

*Macchine termiche:* rappresentazioni grafiche, cicli ideali e reali a gas, proprietà delle miscele liquido-vapore, cicli ideali e reali a vapore.

*Conversione diretta dell'energia:* fenomeni termoelettrici, celle a combustibile, dispositivi termoionici, generatori magnetoidrodinamici (cenni).

*Miscele di aria e di vapore d'acqua:* diagramma di Mollier dell'aria umida e suo uso nel campo della climatizzazione.

*Analisi termodinamica dei processi:* energia utilizzabile e lavoro ideale, lavoro perduto, exergia, rendimento exergetico.

*Fenomeni di trasporto:* legge della conduzione termica, della convezione termica, della radiazione termica. Soluzioni di problemi di conduzione: soluzioni analitiche, modelli analogici, modelli numerici. Cenni di moto dei fluidi reali. Scambio termico per convezione naturale, convezione forzata. Proprietà radiative delle superfici. Scambio termico tra corpi neri e grigi. Reti resistive equivalenti.

*Esempi applicativi:* corpi con generazione interna di calore, superfici alettate, scambiatori di calore.

### ESERCITAZIONI

Cicli termodinamici ideali e reali a gas ed a vapori. Progetto di un refrigeratore termoelettrico. Raffreddamento di una scheda elettronica. Calcolo di alette di raffreddamento.

Le esercitazioni in laboratorio consisteranno in misure di umidità relativa, misure di conducibilità termica, misure di portata, scambiatori di calore.

### BIBLIOGRAFIA

C. Boffa, P. Gregorio, *Elementi di fisica tecnica*, 2 vol., Levrotto & Bella, Torino, 1974-76.

V. Marchis, M. Masoero, *Modelli di sistemi termodinamici*, Levrotto & Bella, Torino, 1984.

## T 0510 Calcolo numerico

Anno:periodo 3:1 Impegno (ore): lezioni 74 esercitazioni 26 (settimanali 6/2)

Docente da nominare (Matematica)

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

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

### BIBLIOGRAFIA

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

## T 5770 Teoria dei circuiti elettronici

Anno: periodo 3:1 Impegno (ore settimanali): lezioni 4 esercitazioni 4

Prof. Franco Mussino (Elettronica)

Questo corso si propone come interfaccia fra i corsi di *Elettrotecnica* e di *Dispositivi elettronici* da una parte e il corso di *Elettronica applicata* dall'altra.

Esso inizia con il passaggio logico dal modello fisico dei componenti a quello elettrico per piccoli o per grandi segnali; forniti alcuni cenni sui problemi connessi con il comportamento non lineare dei circuiti in presenza di grandi segnali, il resto del corso si dedica all'analisi ed al progetto di circuiti elettronici attivi destinati all'elaborazione del piccolo segnale. Viene data adeguata importanza ai mezzi di analisi e progetto assistiti da calcolatore, curando che gli studenti ne acquisiscano anche un'esperienza pratica, esercitandosi con programmi quali, ad esempio, SPICE.

### PROGRAMMA

Richiami sui componenti elettronici (diodi, transistori a giunzione, ad effetto di campo, ...).

Polarizzazione e modelli per piccoli segnali; circuiti equivalenti, limiti di validità dei modelli.

Circuiti elementari contenenti dispositivi attivi; le tre configurazioni principali: emettitore/source comune, base/gate comune, collettore/drain comune; loro caratteristiche. Parametri degli amplificatori:  $R_i$ ,  $R_o$ , guadagno, larghezza di banda. Struttura dell'amplificatore operazionale (OA) e sue applicazioni come sommatore, integratore, derivatore.

Metodi di analisi dei circuiti contenenti generatori comandati e amplificatori operazionali; metodi specifici e metodi generali. Analisi assistita da elaboratore; SPICE e/o equivalenti.

Amplificatori di potenza in classi A e B.

Reazione: stabilità dei circuiti con controeazione; influenza della controeazione delle caratteristiche degli amplificatori (guadagno, larghezza di banda, impedenze d'entrata e d'uscita). Analisi della stabilità dei circuiti con reazione: diagrammi di Nyquist, di Bode, luogo delle radici. Cenni agli oscillatori (sinusoidali) ed alla loro stabilità in ampiezza e in frequenza.

Funzioni di rete: immettenze e funzioni di trasferimento. Caratteristiche generali delle funzioni di rete; vincoli imposti dalla stabilità e/o passività; zeri e poli, vari criteri di stabilità. Sintesi elementare di bipoli LC e RC.

Elaborazione del segnale analogico; filtri ideali nel dominio della frequenza o nel dominio del tempo. Approssimazione delle caratteristiche filtranti: Butterworth, Chebyshev, Bessel; trasformazioni di frequenza; cataloghi dei filtri precalcolati.

Filtri RC attivi realizzati mediante celle di secondo (e di terzo) ordine in cascata. Sensibilità dei circuiti.

### BIBLIOGRAFIA

Millman, Grabel, *Microelectronics*, McGraw-Hill.

M. Biey, *Circuiti RC attivi : teoria e progetto*, CLUT, Torino, 1991.

C. Beccari, *Sintesi dei circuiti passivi*, CLUT, Torino, 1988.

V. Pozzolo, *Caratteristiche dei componenti elettronici*, CELID, Torino, 1982.



## T 5800 Teoria dei segnali

Anno:periodo 3:1 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 24 laboratori 24 (settimanali 6/2/2)

Prof. Fabio Neri (Elettronica)

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 rappresentazione geometrica dei segnali.

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 0530 Campi elettromagnetici

Anno: periodo 3:2 Impegno (ore settimanali): lezioni 6 esercitazioni 4 laboratori 4

Prof. Mario Orefice (Elettronica)

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.

### BIBLIOGRAFIA

R. Graglia, P. Petri, *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.

## T 1710 Elettronica applicata

Anno:periodo 3:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 44 laboratori 12 (settimanali 6/4)

Prof. Vincenzo Pozzolo (Elettronica)

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 5011 Sistemi informativi 1

Anno:periodo 3:2 Impegno (ore settimanali): lezioni 6 esercitazioni 2 laboratori 2

Prof. Silvano Rivoira (Automatica e informatica)

Il corso si prefigge di illustrare le metodologie avanzate di programmazione (con particolare riferimento alle strutture dati, agli algoritmi, alle grammatiche ed ai linguaggi C, ADA e Simula) e di ingegneria del *software*.

REQUISITI. *Fondamenti di informatica.*

## PROGRAMMA

*Programmazione.*

Ricorsività e subricorsività.

Strutture dati complesse (code, pile, alberi, grafi, etc.).

Analisi e valutazione della complessità degli algoritmi.

Algoritmi di ricerca ed ordinamento su strutture dati allocate sia in memoria centrale sia su *file*.

Linguaggi di programmazione:

- C
- ADA
- Simula

*Teoria dei linguaggi formali e grammatiche ad attributi.*

Introduzione. Ciclo di vita del *software*.

Programmazione ad oggetti.

Analisi e progetto ad oggetti.

Sviluppo operativo del *software*.

Panoramica sul CASE.

## ESERCITAZIONI

Realizzazione degli algoritmi esaminati nei linguaggi C e ADA. Esercitazioni su elaboratori del tipo *personal computer* o minielaboratori della classe VAX.

## T 0760    **Compatibilità elettromagnetica**

Anno:periodo 4:1    Impegno (ore): lezioni 55 esercitazioni 25 laboratori 10

Prof. Flavio Canavero (Elettronica)

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.

### PROGRAMMA

Motivazioni allo studio della compatibilità elettromagnetica: descrizione delle interferenze e classificazione delle modalità di accoppiamento.

Richiami dei principi fondamentali di elettromagnetismo (onde piane, linee di trasmissione e antenne) e di teoria dei segnali (spettri di forme d'onda utilizzate nei circuiti digitali; segnali aperiodici).

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.

Emissione di interferenze per via radiata: modelli di emissione del modo comune e del modo differenziale.

Emissione di interferenze per via condotta: reti di alimentazione, filtri e alimentatori.

Captazione dei disturbi e loro propagazione sui conduttori: diafonia su linee multi-conduttore; linee schermate.

Schermi elettromagnetici: meccanismi di schermatura in condizioni di campo prossimo e lontano; effetti delle aperture.

Scariche elettrostatiche: origine, effetti e tecniche di riduzione.

Normativa: cenni sulla normativa civile e metodi di misura.

Tecniche di progetto orientate al soddisfacimento dei requisiti di compatibilità degli apparati: masse, dislocazione di componenti e sistemi.

### ESERCITAZIONI

Simulazioni di progetto mediante l'utilizzo di strumenti CAD. Misure sperimentali di diafonia e di accoppiamento in bassa frequenza.

### BIBLIOGRAFIA

B. Audone, A. Bolla, *Compatibilità elettromagnetica*, Alenia, 1992.

C.R. Paul, *Introduction to electromagnetic compatibility*, Wiley, 1992.

## T 0802 Comunicazioni elettriche

Anno: periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 48 (settimanali 6/4)

Docente da nominare (Elettronica)

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

Sorgenti di informazione e loro discretizzazione. Modello del sistema di trasmissione dell'informazione.

La misura della informazione e la codificazione della sorgente. Modello del canale di trasmissione e definizione della sua capacità.

Equivocazione e probabilità di errore. Il canale gaussiano additivo bianco.

Il rumore elettrico. Modelli di canale rumoroso. Il canale hertziano.

La modulazione di tipo numerico. Richiami alle nozioni già svolte ed inquadramento del problema geometrico sullo spazio dei segnali.

Le modulazioni coerenti senza memoria con  $M$  segnali. Le modulazioni ASK, PSK, FSK, QAM ed AM-PM. Confronto tra i vari sistemi di modulazione.

Cenni alla ricezione incoerente di segnali con modulazione numerica.

Calcolo delle prestazioni del ricevitore in presenza di distorsioni del canale di trasmissione.

Il PCM. Descrizione generale e calcolo delle prestazioni. Compressione del segnale e sovraccarico.

Tecniche di multiplazione nel dominio del tempo. Sistemi TDM e gerarchie numeriche.

Applicazioni della modulazione analogica di ampiezza. La conversione di frequenza.

Tecniche di multiplazione nel dominio della frequenza. Sistemi FDM.

Cenni sulla modulazione analogica di frequenza.

Descrizione generale della rete telefonica: topologie di rete, tecniche di commutazione, servizi. Cenni alle previste evoluzioni della telefonia.

Le reti di dati: modello di riferimento ISO/OSI, commutazione di pacchetto, architetture di protocolli, servizi.

### BIBLIOGRAFIA

E. Biglieri, S. Benedetto, V. Castellani, *Digital transmission theory*, Prentice Hall, 1987 (il testo è disponibile anche in traduzione italiana, nelle edizioni Jackson).

## T 3570      Microonde

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 80 esercitazioni 18 laboratori 14 (settimanali 6,8/1,2)

Prof. Gian Paolo Bava (Elettronica)

Scopo del corso è di fornire metodi di studio di componenti, dispositivi e circuiti di interesse nel campo di frequenza delle microonde, in particolare per quanto riguarda il settore delle telecomunicazioni (collegamenti e circuiti di elaborazione dei segnali in guide metalliche e dielettriche ed in strutture adatte a circuiti integrati, ecc.). Verranno anche sviluppati esempi di tecniche di progetto di componenti e circuiti; la scelta degli argomenti specifici potrà cambiare secondo gli interessi che via via si manifesteranno.

### PROGRAMMA

*Analisi generale dei fenomeni di propagazione elettromagnetica guidata.*

Eccitazione ed accoppiamento dei modi; guide con due modi e relative applicazioni. Strutture guidanti periodiche. Onde di carica spaziale, tubi speciali per microonde e loro evoluzione. Esempi vari di componenti e loro utilizzazioni.

*Analisi di componenti e circuiti di particolare interesse:* accoppiatori direzionali, filtri, circolatori, ecc. Effetto dei disadattamenti nei collegamenti. Considerazioni e schemi sistemistici; esempi. Analisi generale degli effetti dei tempi di transito nei dispositivi per l'elaborazione dei segnali; limitazioni fisiche di base. Strutture attive.

*Risonatori elettromagnetici:* cavità metalliche e loro proprietà; limitazioni. Risonatori aperti e dielettrici; risonatori Fabry-Perot generalizzati. Rappresentazioni circuitali; cenni sui filtri distribuiti.

*Dispositivi a stato solido avanzati* di uso nel campo delle microonde e delle onde millimetriche; dispositivi basati su fenomeni quantici (*tunneling* risonante, giunzioni Josephson, ecc.). Maser paramagnetici e dispositivi basati su fenomeni parametrici; caratteristiche ed interessi applicativi, stabilità e rumore negli oscillatori.

**ESERCITAZIONI.** Esercitazioni sperimentali con squadre relativamente piccole, su argomenti trattati nel corso. Eventuali visite a laboratori di ricerca ed industriali.

**BIBLIOGRAFIA.** Sono disponibili appunti (quasi completi) delle lezioni.

## T 3670 Misure elettroniche

Anno: periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 50 esercitazioni 24 laboratori 50 (settimanali 4/2/4)

Prof. Franco Ferraris (Elettronica)

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 e al collaudo di dispositivi e componenti usati nell'industria elettronica.

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.

**REQUISITI.** Le nozioni fornite nei corsi di *Fisica, Elettrotecnica, Elettronica*.

### PROGRAMMA

Fondamenti della scienza delle misure. I principali metodi di misura. Generalità sui sistemi di misura.

Oscilloscopi a raggi catodici nelle diverse realizzazioni: analogico, digitale, con memoria, campionatore. Analizzatore di stati logici.

Generatori di stimoli: oscillatori sinusoidali, generatori di impulsi, sintetizzatori di forme d'onda e di frequenza.

Misure di tensioni continue: voltmetri analogici e numerici.

Misure di tensioni alternate: valore efficace, medio e di cresta.

Frequenzimetro a contatore e misuratore di intervalli di tempo. Misure di fase.

Misure di impedenza con metodi a ponte, metodi volt-amperometrici (impedenzometro vettoriale).

Strumenti di misura a microprocessore.

I sistemi automatici di misura, le tecniche automatiche di misura ed il collaudo di dispositivi sia analogici sia numerici.

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula hanno lo scopo di presentare le esercitazioni di laboratorio e di discuterle dopo che sono state svolte. Le esercitazioni sperimentali di laboratorio riguardano l'uso di strumentazione sia analogica sia numerica e permettono l'applicazione dei principali metodi di misura.

### BIBLIOGRAFIA

G. Zingales, *Metodi e strumenti per le misure elettriche*, UTET, Torino, 1976.

Oliver, Cage, *Electronic measurements and instrumentation*, McGraw-Hill, 1971.

G.C. Barney, *Intelligent instrumentation*, Prentice Hall, 1985.



## T 0840 Controlli automatici

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 80 esercitazioni 50 laboratori 8 (settimanali 6/4)

Prof. Cosimo Greco (Automatica e informatica)

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 (sistema sottoposto al controllo, attuatori, trasduttori, controllori, condizionatori di segnale, 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, sono quelli più diffusi nei vari settori tecnologici.

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

### PROGRAMMA

Introduzione al corso; esempi di sistemi di controllo. Il problema del controllo e sua esistenza.

Definizione di controllo automatico; sistemi di controllo in catena aperta e chiusa; entità componenti un sistema di controllo in catena chiusa.

Caratterizzazione dei sistemi e dei modelli. Il problema della modellistica e dell'approssimazione. Sistemi e modelli continui nel dominio del tempo: equazioni differenziali ordinarie, condizioni al contorno, condizioni iniziali.

Definizione di stato; rappresentazione in  $vs$ ; soluzione delle equazioni di stato. Uso della trasformata di Laplace nella costruzione di modelli. Soluzione delle equazioni in  $vs$ ; trasformazioni di similarità sugli stati.

Modelli di un sistema massa-molla: equazioni differenziali, rappresentazioni in  $vs$ . Modelli di sistemi lineari: passaggio dal dominio  $t$  al dominio  $s$ ; evoluzione forzata, evoluzione libera.

Definizione di funzione di trasferimento ( $fdt$ ); invarianza della  $fdt$  a trasformazioni di similarità sugli stati; zeri, poli, guadagno. Passaggio da  $vs$  a  $fdt$ ; passaggio da  $fdt$  a  $vs$ , realizzazioni.

Definizione di guadagno ad AF; definizione di guadagno a BF: guadagno stazionario propriamente detto, guadagno di velocità, guadagno di accelerazione.

Introduzione al concetto di stabilità. Criterio di Routh. Linearizzazione. Criteri di stabilità di Ljapunov, di Krasowskii e di La Salle.

Controllabilità e raggiungibilità.

Controllo in catena chiusa con retroazione proporzionale sugli stati.

Modelli dei sistemi meccanici traslatori, dei sistemi meccanici rotatori, dei sistemi idraulici, dei sistemi pneumatici, dei sistemi termici. Analogie formali tra modelli di sistemi di diversa natura.

Risposta in frequenza e diagrammi di Bode. Controllo con retroazione dall'uscita; inseguimento e regolazione.

Introduzione generale alle specifiche di controllo. Stabilità in catena chiusa: luogo delle radici. 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. Stabilità marginale: margine di fase, margine di guadagno, margine di ritardo, picco di risonanza, smorzamento poli dominanti; cerchi sul diagramma di Nyquist e sul diagramma di Nichols.

Le 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. Reti derivate e integrative a singolarità reali. Controllo con il metodo classico in frequenza. 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. Controllo digitale di un processo continuo. Problemi numerici.

#### BIBLIOGRAFIA

D'Azzo, Houpis, *Linear control system analysis and design*, McGraw-Hill, 1981.  
Franklin, Powell, *Feedback control of dynamic systems*, Addison Wesley, 1986.

## T 6120 Elettronica delle microonde

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 20 laboratori 10

Prof. Giovanni Ghione (Elettronica)

Il corso descrive le applicazioni, i dispositivi, le tecnologie e i metodi di progetto propri della elettronica per le alte frequenze (elettronica per i sistemi di telecomunicazioni, circuiti integrati per microonde ibridi e monolitici per applicazioni analogiche e digitali).

#### PROGRAMMA

Introduzione alla elettronica per le alte frequenze e le microonde. Applicazioni: sistemi di telecomunicazioni, logiche veloci.

Componenti attivi e passivi per l'elettronica delle microonde. Transistori per le microonde. Transistori bipolari. MESFET, HEMT. Transistore bipolare ad eterogiunzione. Diodi Gunn, IMPATT, TRAPATT, diodo *tunnel*. Teoria del rumore nei dispositivi elettronici. Cenni ai componenti passivi in circuiti integrati ibridi e monolitici per alte frequenze. Linee di trasmissione planari integrate. Componenti passivi a microstriscia. Accoppiatori direzionali, circolatori, sfasatori. Diodi Schottky. Filtri. Transizioni. Esempi di dimensionamento e progetto.

Blocchi funzionali nella elettronica per le alte frequenze. Amplificatori. Progetto di amplificatori lineari. Parametri di rumore di un amplificatore. Progetto di amplificatori a basso rumore. Progetto di amplificatori di potenza. Distorsione e intermodulazione. Amplificatori distribuiti. Blocchi funzionali non lineari. Mescolatori. Oscillatori. Cenni di progetto.

Circuiti integrati monolitici a microonde: cenni sulla tecnologia. Circuiti monolitici analogici. Circuiti monolitici digitali per logiche veloci.

#### ESERCITAZIONI

Verranno svolte sia esercitazioni numeriche di progetto che esercitazioni di laboratorio attraverso l'uso di strumenti CAD per l'analisi e il progetto di circuiti analogici.

BIBLIOGRAFIA. Durante il corso verranno fornite dispense o indicazioni bibliografiche dettagliate tali da coprire tutti gli argomenti svolti.

## T 3560 Microelettronica

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 30 laboratori 10

Docente da nominare (Elettronica)

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 4540 Reti logiche

Anno/periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 90 esercitazioni 60 laboratori 30 (settimanali 6/4/2)

Prof. Luigi Gilli (Automatica e informatica)

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, 8253, 8255, 8257, 8259.

### 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.

Corso di laurea in

# Ingegneria meccanica

## 1 Profilo professionale

Nel formulare piani di studio in accordo con l'ordinamento generale degli studi di Ingegneria entrato in vigore in Italia nel 1989, 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.

## 2 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.

Lo Statuto 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* (nuova denominazione, conseguenza di un più attento, preciso e puntuale adeguamento del programma del corso alle specifiche esigenze del corso di laurea in Ingegneria meccanica, della tradizionale *Idraulica*) – 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.

### 3 Quadro generale degli insegnamenti dell'a.a. 1993/94

---

1:1 (1. anno, 1. periodo didattico)

U0231 : Analisi matematica 1  
U0620 : Chimica

---

1:2 U2300 : Geometria

U1901 : Fisica 1  
U1430 : Disegno tecnico industriale

---

2:1 U0232 : Analisi matematica 2

U1902 : Fisica 2  
U2170 : Fondamenti di informatica

---

2:2 U3370 : Meccanica razionale

U1795 : Elettrotecnica + Macchine elettriche (integrato)  
U5574 : Tecnologia dei materiali e chimica applicata (ridotto)

---

3:1 U4600 : Scienza delle costruzioni

U3230 : Meccanica dei fluidi  
U3210 : Meccanica applicata alle macchine

---

3:2 U0845 : Controlli automatici + Elettronica applicata (integrato)

U2060 : Fisica tecnica  
U1405 : Disegno di macchine + Tecnologia meccanica (integrato)  
U5584 : Tecnologia dei materiali metallici (ridotto)

---

4:1 U3111 : Macchine 1

U5462 : Tecnologia meccanica 2  
X<sub>1</sub>

---

4:2 U0940 : Costruzione di macchine

U3112 : Macchine 2  
X<sub>2</sub>

---

5:1 U4020 : Principi e metodologie della progettazione meccanica

X<sub>3</sub>  
X<sub>4</sub>

---

5:2 U1530 : Economia ed organizzazione aziendale

U2730 : Impianti meccanici  
X<sub>5</sub>

---

Il quinto anno di corso sarà attivato a partire dall'anno accademico 1994/95.

Le materie contraddistinte da X<sub>1</sub>-X<sub>5</sub> sono relative a corsi di indirizzo; per l'a.a. 1993/94 è prevista l'attivazione dei seguenti indirizzi, come previsto dallo Statuto della II Facoltà:

- indirizzo *Costruzioni*
- indirizzo *Energia*



– indirizzo *Produzione*.

Ciascun indirizzo è caratterizzato da cinque materie, delle quali tre obbligatorie e due a scelta, come indicato in seguito.

---

#### Indirizzo *Costruzioni*

Prevede le seguenti materie obbligatorie:

X<sub>1</sub> U4110 : Progettazione assistita di strutture meccaniche

X<sub>2</sub> U3380 : Meccanica sperimentale

X<sub>3</sub> U3360 : Meccanica delle vibrazioni (tace 1993/94)

mentre due materie (X<sub>4</sub>, X<sub>5</sub>) possono essere scelte tra le restanti nell'elenco A.

---

#### Indirizzo *Produzione*

Prevede le seguenti materie obbligatorie:

X<sub>1</sub> U0350 : Automazione a fluido

X<sub>2</sub> U2460 : Gestione industriale della qualità

X<sub>3</sub> U4350 : Programmazione e controllo della produzione meccanica

mentre due materie (X<sub>4</sub>, X<sub>5</sub>) possono essere scelte tra le restanti nell'elenco A.

---

#### Indirizzo *Energia*

Prevede le seguenti materie obbligatorie:

X<sub>1</sub> U2820 : Impianti termotecnici

X<sub>3</sub> U0350 : Automazione a fluido

X<sub>4</sub> U3850 : Oleodinamica e pneumatica

mentre due materie (X<sub>2</sub>, X<sub>5</sub>) possono essere scelte tra le restanti nell'elenco A.

---

#### *Elenco A*

U0350 : Automazione a fluido

U2460 : Gestione industriale della qualità

U2820 : Impianti termotecnici

U2830 : Impianti industriale dell'energia (tace 1993/94)

U3360 : Meccanica delle vibrazioni (tace 1993/94)

U3380 : Meccanica sperimentale

U3850 : Oleodinamica e pneumatica

U4110 : Progettazione assistita di strutture meccaniche

U4350 : Programmazione e controllo della produzione meccanica

U5130 : Sperimentazione sulle macchine

U5410 : Tecnica del controllo ambientale (tace 1993/94)

#### 4 Corsi seminariali ed orientamenti per il solo a.a. 1993/94

Per il solo anno accademico 1993/94, per ciò che riguarda i *corsi seminariali del quinto anno* e i due orientamenti attivati nell'a.a. 1992/93, si ha il seguente piano didattico:

[I primi quattro anni sono identici al precedente quadro generale]

---

5:1 U4020 : Principi e metodologie della progettazione meccanica  
U2730 : Impianti meccanici  
X<sub>4</sub> *orient. A* U0350 : Automazione a fluido  
*orient. B* U5130 : Sperimentazione sulle macchine

---

5:2 U1530 : Economia ed organizzazione aziendale  
U3112 : Macchine 2 (seguito al 2. periodo didattico del 4. anno)  
X<sub>5</sub> (*orient. A e B*) U4350 : Programmazione e controllo della produzione  
meccanica (seguito al 1. periodo didattico del 4. anno)

---

# Programmi degli insegnamenti

*I programmi sono riportati in ordine di anno e periodo didattico (a parità, in ordine alfabetico). Al termine del volume sono gli indici alfabetici generali, per titoli degli insegnamenti e per nomi dei docenti. Nell'intestazione ai singoli corsi, dove i titolari del corso siano più d'uno e afferenti ad uno stesso dipartimento, il nome del dipartimento non viene ripetuto.*

*La presente Guida è andata in stampa il 1993-08-11, e quanto riportato è da ritenersi aggiornato a quella data. La ristrettezza dei tempi di edizione non ha permesso di sottoporre all'attenzione dei singoli docenti i testi che seguono per una finale revisione: il CIDEM si scusa con docenti e studenti per eventuali sviste ed errori residui, assumendosene la responsabilità, e ringrazia anticipatamente coloro che vorranno segnalarli.*

## U 0231      **Analisi matematica 1**

Anno:periodo 1:1    Impegno (ore): lezioni 78 esercitazioni 52    (settimanali 6/4)

Prof. Giancarlo Travaglini (Matematica)

*[Descrizione dettagliata riportata a p. 13]*

## U 0620      **Chimica**

Anno:periodo 1:1    Impegno (ore): lezioni 85 esercitazioni 35    (settimanali 6/3)

Prof. Aldo Priola (Scienza dei materiali e ing. chimica)

*[Descrizione dettagliata riportata a p. 14]*

## U 1430 Disegno tecnico industriale

Anno:periodo 1:2 Impegno (ore): lezioni 48 esercitazioni 72 (settimanali 4/6)

Prof. Stefano Tornincasa (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienda)

Il corso fornisce le nozioni teoriche ed applicative di rappresentazione grafica degli oggetti della produzione meccanica, con particolare riguardo ai riferimenti normativi.

### PROGRAMMA

La rappresentazione di elementi meccanici mediante proiezioni ortogonali ed assonometriche, con richiami alle nozioni fondamentali di geometria descrittiva.

Normativa nazionale ed internazionale sul disegno tecnico. Quotatura, con introduzione alla quotatura funzionale.

Tolleranze di lavorazione, dimensionali e geometriche; relazioni con i processi di lavorazione e criteri di scelta. Finitura superficiale, rugosità.

Elementi ricorrenti nelle costruzioni meccaniche: smussi, raccordi, gole, assi ed alberi, perni e snodi, tenute e guarnizioni. Molle.

Montaggio e fissaggio di organi meccanici: dispositivi di collegamento smontabili non filettati (chiavette, linguette, spine, scanalati) e filettati (viti, dadi, ghiera, dispositivi antisvitamento spontaneo).

Collegamenti saldati.

Cenni di tecnologia di base: lavorazioni fondamentali per deformazione ed asportazione di truciolo e loro influenza sul disegno dei pezzi meccanici. Schemi delle principali macchine utensili.

Elementi di disegno assistito da elaboratore, rappresentazioni automatizzate bi- e tridimensionali, uso di programmi specifici.

### ESERCITAZIONI

Schizzi e disegni di particolari e di gruppi meccanici semplici, con introduzione all'uso di tabelle e cataloghi. Disegno con elaboratore di particolari mediante impiego di programmi di base (AutoCAD).

## U 1901 Fisica 1

Anno:periodo 1:2 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 24 laboratori 24 (settimanali 6/2/2)

Docente da nominare (Fisica)

*[Descrizione dettagliata riportata a p. 16]*

## U 2300 Geometria

Anno:periodo 1:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 40 (settimanali 6/4)

Prof. Giulio Tedeschi (Matematica)

*[Descrizione dettagliata riportata a p. 17]*

## **U 0232      Analisi matematica 2**

Anno:periodo 2:1 Impegno (ore): lezioni 78 esercitazioni 50 (settimanali 6/4)

Prof. Donatella Ferraris (Matematica)

*[Descrizione dettagliata riportata a p. 18]*

## **U 1902      Fisica 2**

Anno:periodo 2:1 Impegno (ore): lezioni 84 esercitazioni 28 (settimanali 6/2)

Prof. Michelangelo Agnello (Fisica)

*[Descrizione dettagliata riportata a p. 19]*

## **U 2170      Fondamenti di informatica**

Anno:periodo 2:1 Impegno (ore): lezioni 78 esercitazioni 26 laboratori 26 (settimanali 6/2/2)

Prof. Paolo Montuschi (Automatica e informatica)

*[Descrizione dettagliata riportata a p. 20]*

# U 1795 Elettrotecnica + Macchine elettriche

(Corso integrato)

Anno: periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 48 (settimanali 6/2)

Prof. Francesco Profumo (Ing. elettrica industriale)

Scopo del corso è fornire una metodologia per una corretta utilizzazione di macchine ed impianti elettrici che tenga conto dei problemi di sicurezza dell'operatore e dell'impianto.

REQUISITI. Consigliati i corsi di *Analisi matematica I e 2*, *Fisica I e 2*.

## PROGRAMMA

*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 reti di bipoli. Bipoli normali. Metodi di analisi delle reti di bipoli normali in regime stazionario e sinusoidale.

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.

*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: elettromagneti, motori a riluttanza passo-passo.

*Elementi di impianti e sicurezza elettrica.*

Campo di corrente statico: impianti di messa a terra e normative antinfortunistiche, misure degli impianti di terra. Dimensionamento e protezione delle condutture. Impianti in bassa tensione. Relè differenziale e sue applicazioni.

*Elementi di macchine elettriche.*

Trasformatori monofasi: principi di funzionamento, caratteristiche e loro identificazione, modalità costruttive e di impiego. Trasformatori trifasi. Autotrasformatori. Trasformatori di misura.

Macchine a induzione, trifasi. Campo magnetico rotante. Principi di funzionamento e caratteristiche. Avviamento e regolazione della velocità. Motore a induzione monofase.

Macchine a corrente continua a collettore. Tipologia e caratteristiche meccaniche. Regolazione di coppia e velocità. Cenni sulle macchine sincrone.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni integrano le lezioni con particolare attenzione a problemi relativi alla soluzione delle reti di bipoli e ai modelli delle macchine di uso corrente civile ed industriale.

## BIBLIOGRAFIA

L. Olivieri, E. Ravelli, *Principi ed applicazioni di elettrotecnica. Vol. 1 e 2*, CEDAM, Padova.

F. Ciampolini, *Fondamenti di elettrotecnica*, Pitagora, Bologna.

## U 3370 Meccanica razionale

Anno:periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 48 (settimanali 6/4)

Prof. Ida Bonzani (Matematica)

[Descrizione dettagliata riportata a p. 21]

## U 5574 Tecnologia dei materiali e chimica applicata

(Corso ridotto, 1/2 annualità)

Anno:periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 50 (settimanali 4)

Prof. Carlo Gianoglio (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Lo scopo del corso è di far conoscere le proprietà di impiego dei materiali più comuni con i quali un ingegnere meccanico dovrà con ogni probabilità confrontarsi nel corso della sua carriera professionale; verrà pertanto fornito un quadro necessariamente non completo dell'ampia casistica relativa ai materiali per l'ingegneria, senza tuttavia troppo addentrarsi nei procedimenti industriali della loro produzione.

### REQUISITI

È indispensabile la conoscenza delle nozioni impartite nel corso di *Chimica*.

### PROGRAMMA

Proprietà generali dei materiali. Proprietà tecnologiche dei materiali.

Richiami sulle strutture dei solidi. Difetti strutturali: vacanze e dislocazioni.

Diagrammi di stato.

Acque per usi industriali.

Combustibili.

Carburanti e lubrificanti.

Materiali refrattari. Materiali ceramici tradizionali e per tecnologie avanzate.

Materiali leganti aerei e idraulici.

Materiali ferrosi: elaborazione dei materiali.

Materiali metallici a base di rame e di alluminio: elaborazione dei materiali.

Materiali polimerici termoplastici e termoindurenti; elastomeri.

Materiali compositi a matrice polimerica, metallica o ceramica.

### BIBLIOGRAFIA

C. Brisi, *Chimica applicata*, Levrotto & Bella, Torino.

P. Appendino, C. Gianoglio, *Esercizi di chimica applicata*, CELID, Torino.

## U 3210 Meccanica applicata alle macchine

Anno:periodo 3:1 Impegno (ore): lezioni 84 esercitazioni 56 (settimanali 6/4)

Prof. Furio Vatta (Meccanica)

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.

REQUISITI. Si ritiene indispensabile aver seguito i corsi di *Meccanica razionale e Scienza delle costruzioni*.

### PROGRAMMA

#### *Dinamica applicata.*

Equazioni cardinali della dinamica. Applicazioni: equilibramento, fenomeni giroscopici, vibrazioni di sistemi a masse concentrate.

Equazione dell'energia. Applicazioni: camme, macchine a regime periodico, calcolo del volano.

Equazione dei lavori virtuali. Applicazioni: ammortizzatori di vibrazioni, albero con tre volani, instabilità aeroelastica.

Sistemi a massa distribuita. Criteri energetici. Velocità critica flessionale per alberi rotanti.

#### *Trasmissione del moto.*

Problemi di attrito: freni, frizioni, cinghie. Ruote dentate; rotismi ordinari ed epicicloidali.

#### *Lubrificazione idrodinamica.*

Teoria elementare della lubrificazione. Accoppiamento prismatico ed accoppiamento rotooidale.

### BIBLIOGRAFIA.

Ferrari, Romiti, *Meccanica applicata alle macchine*, UTET, Torino, 1966.

Cancelli, Vatta, *Esercizi di meccanica applicata*, Levrotto & Bella, Torino, 1979.

Malvano, Vatta, *Fondamenti di lubrificazione*, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

Malvano, Vatta, *Dinamica delle macchine*, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

## U 3230 Meccanica dei fluidi

Anno:periodo 3:1 Impegno (ore): lezioni 66 esercitazioni 52 laboratori 4 (settimanali 6/4)

Prof. Maurizio ROSSO (Idraulica, trasporti e infrastr. civili)

[Descrizione dettagliata riportata a p. 23, sotto il titolo S 2490, Idraulica]

## U 4600 Scienza delle costruzioni

Anno:periodo 3:1 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 50 laboratori 10 (settimanali 4/4)

Docente da nominare (Ing. strutturale)

[Descrizione dettagliata riportata a p. 23]



# **U 0845    Controlli automatici + Elettronica applicata**

(Corso integrato)

Anno: periodo 3:2    Impegno (ore): lezioni 50 esercitazioni 50    (settimanali 50/50)

Prof. Gustavo Belforte (Automatica e informatica)

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.

## **PROGRAMMA**

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.

La stabilità dei sistemi dinamici. Stabilità alla Lyapunov e BIBO stabilità.

Controllabilità e osservabilità dei sistemi dinamici. Forme canoniche.

Retroazione degli stati e osservatore degli stati.

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.

La risposta transitoria e a regime dei sistemi dinamici.

Specifiche del dominio del tempo e della frequenza per i sistemi dinamici.

Attenuazione dei disturbi parametrici e additivi. Astaticità ai disturbi.

Il luogo delle radici.

Progetto di compensatori in serie basati sul diagramma di Bode della funzione di trasferimento di anello.

Circuiti e dispositivi elettronici per la realizzazione di compensatori e controllori.

## **ESERCITAZIONI**

Si prevede di svolgere delle esercitazioni su calcolatore con l'uso di MatLab.

## U 1405    **Disegno di macchine + Tecnologia meccanica** (Corso integrato)

Anno: periodo 3:2    Impegno (ore): lezioni 50 esercitazioni 72

Prof. Giuseppe Murari (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienda)

Il corso si propone di fornire agli allievi ingegneri una serie di conoscenze di base ed applicative sui principali processi di lavorazione meccanica, nell'ottica di una loro corretta analisi e di una più completa integrazione con l'aspetto progettuale e la rappresentazione grafica di complessivi meccanici.

**REQUISITI.** *Analisi matematica, Disegno tecnico industriale, Fisica, Elettrotecnica.*

### PROGRAMMA

#### *Materiali metallici.*

Caratteristiche meccaniche, fisiche e chimiche. Struttura dei metalli, difetti dei cristalli. Deformazione di un solido policristallino. Designazione convenzionale degli acciai.

#### *Lavorazioni per asportazione di truciolo.*

Tornitura; foratura; alesatura; fresatura; mortasatura; brocciatura, rettificatura. I processi. La meccanica della formazione del truciolo: i principali modelli.

*Utensili:* Materiali, unificazione, durata ed usura.

#### *Tolleranze di lavorazione.*

Tolleranze di forma e di posizione in relazione ai processi di lavorazione, criteri di scelta e condizioni funzionali.

#### *Le lavorazioni a controllo numerico.*

Classificazione dei CN, la programmazione manuale ed automatica, i trasduttori, sistemi di controllo degli assi, le macchine e le lavorazioni.

#### *Componenti di macchine* (con particolare riferimento alle macchine utensili).

Strutture, guide, ruote dentate e rotismi; cambi di velocità continui e discontinui; cinematici; cuscinetti volventi e radenti, montaggio dei cuscinetti, cuscinetti idrostatici e pneumatici; alberi e mandrini; giunti; freni e frizioni; motori elettrici in *c.a.* e in *c.c.* e loro regolazione; componenti idraulici: pompe a palette, ad ingranaggi, a pistoni assiali e radiali; variatori idraulici e loro regolazione.

#### *Finitura e integrità superficiale.*

La rugosità e lo stato superficiale delle superfici lavorate, normativa.

**ESERCITAZIONI.** Analisi delle macchine utensili; cicli di lavorazione, disegno di complessivi ed estrazione di particolari.

### BIBLIOGRAFIA

Dispense del corso di *Tecnologia meccanica* redatte a cura del Docente.

R. Ippolito, *Appunti di tecnologia meccanica*, Levrotto & Bella, Torino, 1975.

G.F. Micheletti, *Tecnologia meccanica*, UTET, Torino, 1979.

G. Manfrè, R. Pozza, G. Scarato, *Disegno meccanico*, Principato.

## U 2060    **Fisica tecnica**

Anno: periodo 3:2    Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 40 laboratori 4 (settimanali 5/3)

Prof. Gian Vincenzo Fracastoro (Energetica)    [*Descrizione dettagliata riportata a p. 25*]

## U 5584 Tecnologia dei materiali metallici

(Corso ridotto, 1/2 annualità)

Anno: periodo 3:2 Impegno (ore): lezioni 40 esercitazioni 6 laboratori 4 (settimanali 4)

Prof. Giorgio Scavino (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso si propone di fornire le nozioni fondamentali a riguardo dell'influenza della composizione e della struttura delle leghe metalliche sulle relative proprietà meccaniche, in modo da consentire la comprensione dei criteri che bisogna seguire sia nella selezione dei materiali metallici per gli impieghi nelle costruzioni industriali, sia nella scelta dei trattamenti termici più adatti per gli usi a cui essi saranno destinati. Le nozioni impartite costituiscono quindi la base indispensabile per le discipline che si occupano di progettazione e costruzione di macchine.

**REQUISITI.** Per seguire il corso, che si articola in lezioni, esercitazioni in aula e prove in laboratorio, è necessario avere assunto come propedeutiche le nozioni fornite nel corso di *Tecnologia dei materiali e chimica applicata* e *Scienza delle costruzioni*.

### PROGRAMMA

Proprietà generali dei metalli: magnetiche, elettriche, di conducibilità termica, meccaniche fino alla tenacità a frattura (con svolgimento delle relative prove). Cenni di teoria della plasticità. *Creep*.

Diagrammi di stato dei sistemi metallici.

Trattamenti termici massivi; temprabilità degli acciai; previsione delle caratteristiche meccaniche dopo tempra e rinvenimento. Trattamenti termici e termochimici superficiali con previsione delle caratteristiche meccaniche in relazione ai differenti parametri di processo. Classificazioni nazionali e internazionali degli acciai, proprietà specifiche delle varie classi e criteri di selezione. Cicli termici particolari di trattamento termico.

Prove di induttibilità.

Ghise, proprietà e applicazioni.

Leghe di rame e criteri di selezione.

Leghe leggere per deformazione plastica e per fonderia. Classificazioni, criteri di selezione e trattamenti termici specifici.

Cenni di tecnologia di fonderia e di metallurgia delle polveri.

Saldatura e saldabilità delle leghe e riflessi sulle caratteristiche in opera.

Metallografia delle leghe in diverse condizioni metallurgiche.

### ESERCITAZIONI

Prove meccaniche sui materiali: trazione, torsione, durezza, resilienza, tenacità, fatica, usura, *creep*. Metallografia ottica ed elettronica. Frattografia. Prove non distruttive. Prove di temprabilità. Calcoli di previsione delle proprietà meccaniche dei manufatti dopo trattamento termico e termochimico.

Molti argomenti verranno illustrati mediante prove in laboratorio.

### BIBLIOGRAFIA

A. Burdese, *Metallurgia e tecnologia dei materiali metallici*, UTET, Torino, 1992.

I. Amato, *Corso di tecnologia dei materiali metallici. Esercitazioni*, CLUT, Torino, 1983.

L. Matteoli, *Corso di tecnologia dei materiali. Vol. 1 e 2*, Levrotto & Bella, Torino, 1982.

G.E. Dieter, *Mechanical metallurgy*, McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo, 1976.

## U 0350 Automazione a fluido

Anno: periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 56 laboratori 52 (settimanali 4/4)

Prof. Terenziano Raparelli (Meccanica)

Il corso ha lo scopo di far conoscere i diversi sistemi di automazione a fluido attualmente adoperati 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, di modellazione dei sistemi pneumatici.

REQUISITI. *Meccanica applicata alle macchine.*

### PROGRAMMA.

Proprietà dei sistemi pneumatici, fluidici, oleodinamici. Proprietà dei fluidi.

Unità di misura, strumenti di misura e trasduttori. Attuatori pneumatici: cilindri e relative regolazioni. Valvole pneumatiche.

Principi di algebra logica.

Elementi pneumatici logici ed elementi micropneumatici. Getti e principi di fluidica.

Elementi fluidici digitali e proporzionali. Caratteristiche di funzionamento di valvole pneumatiche e di elementi fluidici. Coefficienti di valvole.

Sistemi oleopneumatici.

Tecniche di controllo digitali: sequenziatori, contatori, programmatori a fase, microprocessori. Diagrammi funzionali: movimenti-*fsi*, *grafcet*, *gemma*.

Elementi interfaccia, elettrovalvole e sistemi elettropneumatici. Sensori, ed elementi di fine corsa. Elementi periferici e complementari.

Modellazione e comportamento dinamico dei sistemi pneumatici, propagazione dei segnali pneumatici. Sistemi pneumatici proporzionali; posizionatori pneumatici.

Esercizio dei circuiti. Alimentazione degli impianti, trattamento dell'aria. Affidabilità, aspetti energetici, ecologici e di sicurezza.

Applicazioni: sistemi digitali con sequenziatori, controllori programmabili PLC, microprocessori.

### ESERCITAZIONI.

Nelle esercitazioni (da svolgersi in laboratorio) vengono approfonditi argomenti trattati nelle lezioni, vengono impartite nozioni di base sull'uso della strumentazione adoperata nei sistemi a fluido, e vengono eseguite prove su componenti, circuiti e sistemi in modo da acquisire una conoscenza, per quanto possibile, pratica della materia.

### BIBLIOGRAFIA.

Belforte, D'Alfio, *Applicazioni e prove dell'automazione a fluido*, Giorgio, Torino, 1992.

Belforte, *Pneumatica*, Tecniche nuove, Milano, 1992.

Bouteille, Belforte, *Automazione flessibile elettropneumatica e pneumatica*, Tecniche nuove, Milano, 1987.

## U 3111 Macchine 1

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 44 laboratori 4 (settimanali 6/4)

Prof. Antonio Mittica (Energetica)

Il corso tratta essenzialmente la problematica delle turbomacchine e delle macchine volumetriche relative agli impianti motori a vapore, ai compressori di gas e ai sistemi energetici idraulici, iniziando sia da 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, visite ad impianti o industrie costruttrici di macchine a fluido.

**REQUISITI.** *Fisica tecnica, Meccanica dei fluidi, Meccanica applicata alle macchine.*

### PROGRAMMA

Classificazione delle macchine a fluido e loro applicazioni.

Fondamenti di termodinamica e fluidodinamica applicata alle macchine.

Turbomacchine: palettature; analisi unidimensionale e pluridimensionale del flusso; similitudine fluidodinamica; spinta assiale; mezzi di tenuta.

Impianti a vapore: cicli termodinamici e loro realizzazione; turbine a vapore per applicazioni stazionarie e alla propulsione; accumulatori e condensatori di vapore.

Cogenerazione. Impianti misti a ciclo combinato.

Turbocompressori di gas. Pompaggio e stallo.

Turbine idrauliche. Turbopompe.

Impianti idroelettrici a ricupero e pompe-turbine. Cavitazione.

Macchine operatrici volumetriche: riempimento; distribuzione; ciclo di lavoro.

Compressori di gas alternativi e rotativi.

Pompe alternative e rotative. Motori idrostatici.

Trasmissioni idrostatiche. Trasmissioni idrodinamiche: giunti e convertitori di coppia.

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni di calcolo in aula abitano l'allievo ad impostare numericamente i singoli problemi per consentirgli sia una immediata visione degli ordini di grandezza dei parametri in gioco, sia una verifica immediata del proprio grado di comprensione.

### 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, *Pompe volumetriche*, ACSV, Ed. CGVCU, 1991.

A.E. Catania, *Turbomacchine idrauliche*, ACSV, Ed. CGVCU, 1992.

## U 4110 Progettazione assistita di strutture meccaniche

Anno: periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 50 laboratori 10 (settimanali 4/4/2)

Docente da nominare (Meccanica)

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'interpretazione dei risultati.

### PROGRAMMA

Calcolo matriciale delle strutture ed elementi finiti, formulazione di rigidità. Costruzione e soluzione del sistema struttura. Metodi di soluzione. Problema dinamico, calcolo delle vibrazioni proprie.

Equazione dei lavori virtuali. Formulazione per il caso degli elementi finiti a spostamenti assegnati. Funzioni di forma. Elemento piano triangolare.

Coordinate naturali. Formulazione isoparametrica. Integrazione numerica. Elementi piani, solidi ed assialsimmetrici.

Modi incompatibili; *patch test*, calcolo delle tensioni, grado di approssimazione.

Piastre inflesse. Formulazione a spostamenti e rotazioni separati; *locking*; legame discreto tra flessione e taglio: grado di convergenza.

Equazione di equilibrio nel caso dinamico, matrice delle masse congruente e concentrata; calcolo delle frequenze proprie e dei modi di vibrare; ortogonalità, normalizzazione. Risposta in frequenza: caso di smorzamento nullo e non nullo, smorzamento di Rayleigh.

Metodi di integrazione diretta: metodo delle differenze centrali, di Houbolt, di Wilson-teta, di Newmark, della sovrapposizione modale, integrale di Duhamel. Algoritmi di calcolo.

Analisi della stabilità e precisione dei metodi di integrazione diretta; operatori di approssimazione e di carico, criterio di stabilità; applicazione ai metodi delle differenze centrali, di Houbolt, Wilson-teta, Newmark.

ESERCITAZIONI. Esercizi applicativi.

LABORATORI. Applicazioni a calcolatore del metodo degli elementi finiti.

### BIBLIOGRAFIA

Appunti del corso

R.D. Cook, *Concepts and applications of finite element analysis*, Wiley.

## U 5462 Tecnologia meccanica 2

Anno: periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 54 esercitazioni 56

Prof. Giuseppe Murari (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienda)

Il corso si propone di fornire una solida base conoscitiva sui principali processi tecnologici impiegati nell'industria manifatturiera al fine di conferire all'allievo la capacità di elaborare il ciclo di fabbricazione di un particolare, scegliendo i processi ed i macchinari più adatti.

Il corso comprenderà lezioni, esercitazioni, laboratori, eventuali visite di istruzione e seminari.

**REQUISITI.** *Disegno di macchine + Tecnologia meccanica, Meccanica applicata, Scienza delle costruzioni, Tecnologia dei materiali metallici.*

### PROGRAMMA

#### *Processi fusori.*

Generalità sulla fusione e solidificazione dei metalli. Fusione in terra. Fusione in conchiglia. Criteri di progettazione dei particolari e degli stampi. Aspetti economici.

#### *Lavorazione per deformazione plastica.*

Cenni sulla teoria della plasticità. Laminazione. Stampaggio. Estrusione. Trafilatura. Lavorazioni della lamiera.

#### *Metodi di giunzione.*

Saldatura ad arco in aria ed in atmosfera controllata. Saldatura per resistenza. Saldatura ad attrito. Saldatura con fascio elettronico e con laser. Incollaggi.

#### *Introduzione alla pianificazione ed al controllo della produzione.*

La *group technology*, la pianificazione aggregata, MRP e JIT, i centri di lavorazione e le celle di lavoro robotizzate; gli FMS, introduzione al CAPP (*computer aided process planning*), l'approvvigionamento e la logistica.

#### *Metodi statistici per il controllo dei processi.*

La variabilità nei processi produttivi. Distribuzioni statistiche. Carte di controllo. Metodi di campionamento. Applicazioni del teorema di Bayes. Prove non distruttive. Attributi qualitativi del prodotto. Garanzia della qualità. La gestione della qualità totale. *Quality function deployment.*

### ESERCITAZIONI

Cicli di fabbricazione: studio di cicli di fabbricazione; esempi di cicli in alternativa. Programmazione delle macchine a controllo numerico: programmazione manuale ed assistita. Controllo statistico di qualità: esempi; presentazione di casi aziendali.

### BIBLIOGRAFIA

S. Kalpakjian, *Manufacturing processes for engineering materials*, Addison Wesley, 1991.

F. Giusti, M. Santocchi, *Tecnologia meccanica e studi di fabbricazione*, Ambrosiana, Milano, 1992.

## U 0940 Costruzione di macchine

Anno: periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 52 laboratori 8 (settimanali 4/4)

Prof. Antonio Gugliotta (Meccanica)

Il corso ha lo scopo di fornire agli allievi le metodologie ed i criteri per il calcolo e 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 e alberi, organi di trasmissione del moto, ruote dentate, collegamenti smontabili fissi.

Il corso si svolgerà principalmente con lezioni e esercitazioni, integrate con applicazioni a calcolatore.

**REQUISITI.** *Scienza delle costruzioni, Disegno meccanico, Meccanica applicata, Tecnologia meccanica.*

### PROGRAMMA

Richiami dello stato di tensione e di deformazione. Tensioni e direzioni principali, cerchi di Mohr. Leggi costitutive dei materiali. Ipotesi di rottura, materiali fragili e duttili. Fatica dei materiali metallici, diagramma di Whöler, diagrammi *master*, di Goodman, Haig e Smith; fatica triassiale, fatica cumulativa, ipotesi di Miner, metodo *stair-case*. Effetti d'intaglio. Sollecitazioni statiche e a fatica.

Meccanica della frattura: teoria di Griffith, fattore di intensificazione delle tensioni, tenacità alla frattura, stato di deformazione; legge di Paris, carichi ciclici e carichi *random*; piani di controllo.

*Creep*: metodi di previsione, ipotesi di calcolo, caso del *creep* monoassiale.

Contatto tra corpi solidi, fondamenti e risultati della teoria di Hertz. Applicazione al caso dei cuscinetti.

Descrizione e calcolo degli accoppiamenti scanalati secondo normativa.

Proporzionamento di ruote dentate normali e corrette, riepilogo delle condizioni di ingranamento, strisciamento specifico, verifica a flessione, alla massima pressione specifica ed al grippaggio.

Calcoli di resistenza dei collegamenti bullonati. Collegamenti forzati. Calcolo di resistenza dei collegamenti fissi. Collegamenti saldati, applicazione delle normative.

Calcolo di resistenza di collegamenti smontabili. Molle. Giunti, innesti, freni e arresti.

### ESERCITAZIONI

Esercizi applicativi. Progetto di massima di un gruppo meccanico.

### LABORATORI

Prove statiche e di fatica. Controlli non distruttivi.

### BIBLIOGRAFIA

Appunti del corso.

J.A. Collins, *Failure of materials in mechanical design*, Wiley.

D. Broek, *Elementary engineering fracture mechanics*, 4th ed., Nijhoff.

J.E. Shigley, *Mechanical engineering design*, 3rd ed. (Int. Student Ed.), McGraw-Hill.



## U 2460 Gestione industriale della qualità

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 84 esercitazioni 28 (settimanali 6/2)

Prof. Fausto Galetto (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienda)

Scopo: fornire agli allievi le nozioni fondamentali riguardanti i metodi di gestione, le tecniche usate nell'ambito delle aziende industriali per raggiungere gli obiettivi di qualità.

REQUISITI. *Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici.*

### PROGRAMMA

Il cliente, l'azienda e la qualità.

La qualità: perché? Cosa è? Chi la fa? Chi ne è responsabile?

Il circolo vizioso della non-qualità

I principi fondamentali della qualità.

La qualità nello sviluppo dei prodotti: obiettivi e verifiche; le tecniche usate; la crescita dell'affidabilità.

Prevenzione e miglioramento.

I *manager* e la statistica: interpretare la realtà e raggiungere gli obiettivi.

Prevenzione dei guasti: l'affidabilità e i concetti fondamentali; le prove di affidabilità.

Progettazione degli esperimenti.

Strumenti per il miglioramento della qualità. Qualità durante il processo di produzione; significato e uso delle carte di controllo; indici di *capability*.

Qualificazione dei fornitori.

Certificazione delle aziende; le norme ISO; UNI; opportunità e rischi.

I costi della non-qualità: una miniera d'oro.

Organizzazione per la qualità; le responsabilità del *top management*.

La qualità dei *manager*, la qualità dei metodi, la qualità delle decisioni.

Illustrazione di casi aziendali reali.

## U 3112    Macchine 2

Anno: periodo 4:2    Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 44 laboratori 4 (settimanali 6/4)

Prof. Enrico Antonelli (Energetica)

Scopo del corso è quello di fornire le nozioni fondamentali sui motori a combustione interna volumetrici (alternativi e rotativi) e a flusso continuo (turbine a gas): il corso comprende, sia una parte più 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

Sono propedeutiche *Tecnologia dei materiali e chimica applicata e Macchine 1*.

### PROGRAMMA

Richiami di termodinamica, fluidodinamica e termochimica applicata ai motori a combustione interna.

Motori volumetrici: classificazione, cicli ideali, criteri per l'impostazione del progetto di massima.

Motori alternativi ad accensione comandata, a 4 e a 2 tempi: costituzione, particolarità, funzionamento reale. Studio particolareggiato del funzionamento: riempimento, combustione normale e anomala, caratteristica meccanica e di regolazione; sistemi di alimentazione con carburatore e ad iniezione; apparati di accensione; emissioni.

Motori alternativi ad accensione per compressione, a 4 e a 2 tempi: costituzione, particolarità, funzionamento reale. Studio particolareggiato del funzionamento: combustione normale e anomala, caratteristica meccanica e di regolazione; apparati di iniezione; emissioni.

La sovralimentazione dei motori a 4 e a 2 tempi: modalità e relative prestazioni.

Notizie complementari sui motori alternativi: equilibramento; refrigerazione.

Turbine a gas: classificazione, cicli ideali e reali, semplici e complessi (inter-refrigerazione, ricombustione, rigenerazione); caratteristica meccanica e di regolazione; combustori e problemi di combustione; palettature e loro refrigerazione.

Reattori (turbo-, auto-, pulso-, endo-reattori): generalità, principi di funzionamento.

### ESERCITAZIONI

Oltre ad esercizi numerici su argomenti trattati a lezione vengono svolte due esercitazioni numerico-grafiche consistenti nel calcolo delle prestazioni e nel dimensionamento di massima di un motore alternativo e di un impianto di turbina a gas.

### LABORATORI

Smontaggio e rimontaggio di un motore automobilistico; rilevamento al banco-prova della caratteristica meccanica e di quella di regolazione di un motore alternativo.

### BIBLIOGRAFIA

A. Capetti, *Motori termici*, UTET, Torino, 1967.

A. Capetti, *Esercizi sulle macchine termiche*, Giorgio, Torino, 1965.

## U 3380 Meccanica sperimentale

Anno: periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 65 esercitazioni 40 (settimanali 5/3)

Prof. Giovanni Belingardi (Meccanica)

Il corso si propone di fornire alcune conoscenze fondamentali per poter affrontare le problematiche della meccanica sperimentale.

Gli argomenti trattati nella parte iniziale del corso riguardano i metodi della statistica descrittiva, la teoria della probabilità e la teoria dei campioni. In particolare vengono illustrate alcune funzioni di distribuzione di probabilità e l'uso delle relative carte, e poi trattata l'inferenza statistica, la regressione lineare e non lineare su una o più variabili indipendenti, la correlazione.

Nella seconda parte del corso vengono descritte alcune delle tecniche utilizzate per l'analisi dello stato di tensione e di deformazione nei corpi elastici, con particolare riferimento alla estensimetria, alla fotoelasticità ed ai metodi *moiré*. Vengono inoltre illustrati i principali tipi di trasduttori utilizzati per il rilievo delle caratteristiche meccaniche con particolare riferimento a spostamenti, velocità, accelerazioni, forze, sia in condizioni statiche sia in condizioni dinamiche. Si fa inoltre cenno ai problemi connessi con l'acquisizione e l'elaborazione dei segnali di misura.

Nella terza parte del corso vengono trattati l'analisi della media (ANOM) e della varianza (ANOVA), il progetto degli esperimenti (DOE), le metodologie Taguchi, la Progettazione Robusta.

Il corso affronta inoltre alcuni problemi connessi con le prove sperimentali per la verifica dell'affidabilità dei componenti e dei sistemi.

### ESERCITAZIONI

Elaborazione grafica (con l'uso delle carte di probabilità di Weibull) e numerica di dati di prova per l'ottenimento dei parametri statistici delle distribuzioni.

Prove svolte in laboratorio: prove di caratterizzazione statica di materiali; prove di tenacità a frattura; prove di durezza.

### BIBLIOGRAFIA

P.M. Calderale (coord.), *Principi e metodologie della progettazione meccanica*, Vol. 4., Levrotto & Bella.

J.S. Milton, J.C. Arnold, *Probability and statistics in the engineering and computing sciences*, McGraw-Hill.

M.S. Phadke, *Quality engineering using robust design*, Prentice Hall.

A. Bray, V. Vicentini, *Meccanica sperimentale*, Levrotto & Bella.



## Indice alfabetico degli insegnamenti

<i>pag.</i>	<i>corso</i>	<i>[anno:periodo]</i>
13	S/T/U 0231	Analisi matematica 1 [1:1]
18	S/T/U 0232	Analisi matematica 2 [2:1]
42	T 0234	Analisi matematica 3 (corso ridotto, 1/2 annualità) [2:2]
25	S 0330	Architettura tecnica [3:2]
76	U 0350	Automazione a fluido [4:1]
43	T 0494	Calcolo delle probabilità (corso ridotto, 1/2 annualità) [2:2]
47	T 0510	Calcolo numerico [3:1]
50	T 0530	Campi elettromagnetici [3:2]
14	S/T/U 0620	Chimica [1:1]
53	T 0760	Compatibilità elettromagnetica [4:1]
54	T 0802	Comunicazioni elettriche [4:1]
57	T 0840	Controlli automatici [4:2]
73	U 0845	Controlli automatici + Elettronica applicata (corso integrato) [3:2]
80	U 0940	Costruzione di macchine [4:2]
15	S 1370	Disegno [1:1]
74	U 1405	Disegno di macchine + Tecnologia meccanica (corso integrato) [3:2]
68	U 1430	Disegno tecnico industriale [1:2]
43	T 1440	Dispositivi elettronici [2:2]
51	T 1710	Elettronica applicata [3:2]
58	T 6120	Elettronica delle microonde [4:2]
27	S 1790	Elettrotecnica [4:1]
41	T 1790	Elettrotecnica [2:1]
70	U 1795	Elettrotecnica + Macchine elettriche (corso integrato) [2:2]
29	S 1860	Ergotecnica edile [4:2]
16	S/T/U 1901	Fisica 1 [1:2]
19	S/T/U 1902	Fisica 2 [2:1]
25	S/U 2060	Fisica tecnica [3:2]
20	S/U 2170	Fondamenti di informatica [2:1]
40	T 2170	Fondamenti di informatica [1:2]

- 17 S/I/U 2300 Geometria [1:2]
- 30 S 2340 Geotecnica [4:2]
- 81 U 2460 Gestione industriale della qualità [4:2]
- 23 S 2490 Idraulica [3:1]
- 27 S 2550 Idrologia tecnica [4:1]
- 21 S 3040 Istituzioni di economia [2:2]
- 77 U 3111 Macchine 1 [4:1]
- 82 U 3112 Macchine 2 [4:2]
- 72 U 3210 Meccanica applicata alle macchine [3:1]
- 45 T 3214 Meccanica applicata alle macchine (corso ridotto, 1/2 annualità) [2:2]
- 28 S 3215 Meccanica applicata alle macchine + Macchine (corso integrato) [4:1]
- 23 (72) U 3230 Meccanica dei fluidi [3:1]
- 21 S/U 3370 Meccanica razionale [2:2]
- 83 U 3380 Meccanica sperimentale [4:2]
- 59 T 3560 Microelettronica [4:2]
- 55 T 3570 Microonde [4:1]
- 56 T 3670 Misure elettroniche [4:1]
- 78 U 4110 Progettazione assistita di strutture meccaniche [4:1]
- 60 T 4540 Reti logiche [4:2]
- 23 S/U 4600 Scienza delle costruzioni [3:1]
- 52 T 5011 Sistemi informativi 1 [3:2]
- 26 S 5460 Tecnica delle costruzioni [3:2]
- 31 S 5490 Tecnica ed economia dei trasporti [4:2]
- 24 S 5570 Tecnologia dei materiali e chimica applicata [3:1]
- 71 U 5574 Tecnologia dei materiali e chimica applicata (corso ridotto, 1/2 annualità) [2:2]
- 75 U 5584 Tecnologia dei materiali metallici (corso ridotto, 1/2 annualità) [3:2]
- 79 U 5462 Tecnologia meccanica 2 [4:1]
- 48 T 5770 Teoria dei circuiti elettronici [3:1]
- 49 T 5800 Teoria dei segnali [3:1]
- 46 T 5954 Termodinamica applicata (corso ridotto, 1/2 annualità) [2:2]
- 22 S 6020 Topografia [2:2]

## Indice alfabetico dei docenti

<i>pag.</i>	<i>Docente</i>		<i>corso</i>	<i>[anno:periodo]</i>
19	Agnello, Michelangelo (Fisica)	S/T/U 1902	Fisica 2	[2:1]
82	Antonelli, Enrico (Energetica)	U 3112	Macchine 2	[4:2]
27	Barbisio, Edoardo (Ing. elettrica)	S 1790	Elettrotecnica	[4:1]
55	Bava, Gian Paolo (Elettronica)	T 3570	Microonde	[4:1]
73	Belforte, Gustavo (Autom. inform.)	U 0845	Controlli automatici + Elettronica applicata (int.)	[3:2]
83	Belingardi, Giovanni (Meccanica)	U 3380	Meccanica sperimentale	[4:2]
21	Bonzani, Ida (Matematica)	S/U 3370	Meccanica razionale	[2:2]
28	Campanaro, Paolo (Energetica)	S 3215	Meccanica applicata alle macchine + Macchine (int.)	[4:1]
41	Canavero, Flavio (Elettronica)	T 1790	Elettrotecnica	[2:1]
53	=	T 0760	Compatibilità elettromagnetica	[4:1]
40	Ciminiera, Luigi (Autom. inform.)	T 2170	Fondamenti di informatica	[1:2]
31	Crotti, Adelmo (Idraul., trasp., infrastr. civ.)	S 5490	Tecnica ed economia dei trasporti	[4:2]
27	Di Natale, Michele (Idraul., trasp., infrastr. civ.)	S 2550	Idrologia tecnica	[4:1]
24	Doglione, Roberto (Chimica)	S 5570	Tecnologia dei materiali e chimica applicata	[3:1]
18	Ferraris, Donatella (Matematica)	S/T/U 0232	Analisi matematica 2	[2:1]
56	Ferraris, Franco (Elettronica)	T 3670	Misure elettroniche	[4:1]
25	Fracastoro, Gian Vincenzo (Energetica)	S/U 2060	Fisica tecnica	[3:2]
81	Galetto, Fausto (Sist. produzione)	U 2460	Gestione industriale della qualità	[4:2]
43	Ghione, Giovanni (Elettronica)	T 1440	Dispositivi elettronici	[2:2]
58	=	T 6120	Elettronica delle microonde	[4:2]
30	Ghionna, Vito (Georisorse)	S 2340	Geotecnica	[4:2]
71	Gianoglio, Carlo (Chimica)	U 5574	Tecnologia dei materiali e chimica applicata (1/2)	[2:2]
60	Gilli, Luigi (Autom. inform.)	T 4540	Reti logiche	[4:2]
57	Greco, Cosimo (Autom. inform.)	T 0840	Controlli automatici	[4:2]
80	Gugliotta, Antonio (Meccanica)	U 0940	Costruzione di macchine	[4:2]
45	Marchis, Vittorio (Meccanica)	T 3214	Meccanica applicata alle macchine (1/2)	[2:2]

77	Mittica, Antonio (Energetica)	U 3111	Macchine 1 [4:1]
15	Moglia, Giuseppe (Sist. edilizi)	S 1370	Disegno [1:1]
20	Montuschi, Paolo (Autom. inform.)	S/U 2170	Fondamenti di informatica [2:1]
29	Morra, Luigi (Sist. edilizi)	S 1860	Ergotecnica edile [4:2]
74	Murari, Giuseppe (Sist. produzione)	U 1405	Disegno di macchine + Tecnologia meccanica (int.) [3:2]
79	=	U 5462	Tecnologia meccanica 2 [4:1]
48	Mussino, Franco (Elettronica)	T 5770	Teoria dei circuiti elettronici [3:1]
25	Nelva, Riccardo (Sist. edilizi)	S 0330	Architettura tecnica [3:2]
49	Neri, Fabio (Elettronica)	T 5800	Teoria dei segnali [3:1]
28	Nuccio, Patrizio (Energetica)	S 3215	Meccanica applicata alle macchine + Macchine (int.) [4:1]
50	Orefice, Mario (Elettronica)	T 0530	Campi elettromagnetici [3:2]
51	Pozzolo, Vincenzo (Elettronica)	T 1710	Elettronica applicata [3:2]
14	Priola, Aldo (Chimica)	S/T/U 0620	Chimica [1:1]
70	Profumo, Francesco (Ing. elettrica)	U 1795	Elettrotecnica + Macchine elettriche (int.) [2:2]
76	Raparelli, Terenziano (Meccanica)	U 0350	Automazione a fluido [4:1]
21	Ravazzi, Piercarlo (Sist. produzione)	S 3040	Istituzioni di economia [2:2]
52	Rivoira, Silvano (Autom. inform.)	T 5011	Sistemi informativi 1 [3:2]
23	Rosso, Maurizio (Idraul., trasp., infrastr. civ.)	S 2490	Idraulica [3:1]
23 (72)	=	U 3230	Meccanica dei fluidi [3:1]
75	Scavino, Giorgio (Chimica)	U 5584	Tecnologia dei materiali metallici (1/2) [3:2]
17	Tedeschi, Giulio (Matematica)	S/T/U 2300	Geometria [1:2]
68	Tornincasa, Stefano (Sist. produzione)	U 1430	Disegno tecnico industriale [1:2]
13	Travaglini, Giancarlo (Matematica)	S/T/U 0231	Analisi matematica 1 [1:1]
42	Travaglini, Giancarlo (Matematica)	T 0234	Analisi matematica 3 (1/2) [2:2]
46	Tuberga, Armando (Energetica)	T 5954	Termodinamica applicata (1/2) [2:2]
26	Vallini, Paolo (Ing. strutturale)	S 5460	Tecnica delle costruzioni [3:2]
72	Vatta, Furio (Meccanica)	U 3210	Meccanica applicata alle macchine [3:1]