

**Guide ai programmi  
dei corsi 1995/96**

**Politecnico di Torino**



**Ingegneria gestionale**

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

## I Facoltà di ingegneria

*Presidente:* prof. Pietro Appendino

### *Corso di laurea*

Ingegneria aeronautica  
Ingegneria per l'ambiente e il territorio  
Ingegneria chimica  
*Settore civile/edile:*  
    Ingegneria civile  
    Ingegneria edile  
Ingegneria elettrica  
Ingegneria gestionale  
*Settore dell'informazione:*  
    Ingegneria delle telecomunicazioni  
    Ingegneria elettronica  
    Ingegneria informatica  
Ingegneria dei materiali  
Ingegneria meccanica  
Ingegneria nucleare

### *Presidente*

*(coordinatore)*

Prof. Gianfranco Chiocchia  
Prof. Antonio Di Molfetta  
Prof. Vito Specchia  
Prof. Giovanni Barla  
    Prof. Giovanni Barla  
    Prof. Secondino Coppo  
Prof. Alfredo Vagati  
Prof. Agostino Villa  
Prof. Paolo Prinetto  
    Prof. Mario Pent  
    Prof. Carlo Naldi  
Prof. Paolo Prinetto  
Prof. Carlo Gianoglio  
Prof. Rosolino Ippolito  
Prof. Evasio Lavagno

## II Facoltà di ingegneria (sede di Vercelli)

*Presidente:* prof. Antonio Gugliotta

### *Corso di laurea*

Ingegneria civile  
Ingegneria elettronica  
Ingegneria meccanica

### *Coordinatore*

Prof. Riccardo Nelva  
Prof. Luigi Ciminiera  
Prof. Maurizio Orlando

**L'edizione 1995/96 delle *Guide ai programmi*.** Per esplicita richiesta del *Comitato paritetico per la didattica*, questa edizione si basa su una pressoché completa riscrittura dei testi da parte dei docenti, nell'intento di dare maggiori dettagli sui contenuti e lo svolgimento dei singoli insegnamenti. L'insieme delle *Guide* assomma ora ad oltre 2000 pagine, costituendo una ricca fonte d'informazione sull'offerta didattica; nonostante la massima cura posta nell'edizione, inevitabili sono sviste ed errori residui, ed il CIDEM è fin d'ora grato a docenti e studenti che vorranno segnalarli.

Edito a cura del CIDEM

Centro Interdipartimentale di Documentazione e Museo del Politecnico di Torino

Corso Duca degli Abruzzi 24 – 10129 Torino  
Tel. 011.564'6601 – Fax 011.564'6609 – e-mail cid@polito.it

Stampato nel mese di ottobre 1995

Litografia Geda – Via Villa Glori 6 – Torino

## Indice

5	Presentazione
	Programmi degli insegnamenti
9	obbligatorî
49	d'orientamento
77	Tavola alfabetica dei docenti
81	Tavola alfabetica degli insegnamenti

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

Nel 1995/96 sono attivati a Torino tredici *corsi di laurea* (elenco alla pagina a fronte). Per permettere l'approfondimento di competenze metodologiche e di tecniche progettuali realizzative e di gestione in particolari campi, i corsi di laurea possono essere articolati in indirizzi ed orientamenti. Dell'*indirizzo* eventualmente seguito viene fatta menzione nel certificato di laurea, mentre gli *orientamenti* corrispondono a differenziazioni culturali, di cui invece non si fa menzione nel certificato di laurea; gli orientamenti vengono definiti annualmente dai competenti *Consigli dei corsi di laurea*, e ne viene data informazione ufficiale mediante il *Manifesto degli studi*. Nelle pagine di queste *Guide*, di ciascun corso di laurea viene data una breve descrizione, e viene illustrato il programma di attuazione degli orientamenti previsti per ogni indirizzo.

**Gli insegnamenti.** Il nuovo ordinamento didattico<sup>1</sup> prevede diversi tipi di insegnamenti, distinti in monodisciplinari, monodisciplinari a durata ridotta (nel seguito indicati come corsi ridotti), e integrati. Un *insegnamento monodisciplinare* è costituito da 80-120 ore di attività didattiche (lezioni, esercitazioni, laboratori, seminari ecc.) e corrisponde ad una unità didattica o annualità. Un *corso ridotto* è costituito da 40-60 ore di attività didattiche e corrisponde a mezza annualità. Un corso integrato è costituito da 80-120 ore di attività didattiche e corrisponde ad una annualità; esso è svolto - in moduli coordinati di almeno 20 ore ciascuno - da due o, al massimo, tre professori che fanno tutti parte della commissione d'esame.

---

<sup>1</sup> Decreto rettorale 1096 del 1989-10-31, pubblicato sulla *Gazzetta ufficiale* n. 45 del 1990-02-23.

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 specifici insegnamenti (almeno a livello nazionale) per il conseguimento della laurea in un determinato corso di laurea in Ingegneria, ma sono prescritti i numeri minimi di unità didattiche da scegliere in determinati raggruppamenti disciplinari consistenti in *gruppi*<sup>3</sup> di discipline affini. Lo stesso nuovo 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 obbligatori, che costituiscono le singole annualità, e le norme per l'inserimento degli insegnamenti non obbligatori, eventualmente organizzati in orientamenti.

Tutte queste informazioni e norme vengono pubblicate ogni anno nel *Manifesto degli Studi* (v. *Guida dello studente*, pubblicata a cura del Servizio studenti).

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

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

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

**L'edizione 1995/96 delle *Guide ai programmi*.** Per esplicita richiesta del *Comitato paritetico per la didattica*, questa edizione si basa su una pressoché completa riscrittura dei testi da parte dei docenti, nell'intento di dare maggiori dettagli sui contenuti e lo svolgimento dei singoli insegnamenti. L'insieme delle *Guide* assomma ora ad oltre 2000 pagine, costituendo una ricca fonte d'informazione sull'offerta didattica; nonostante la massima cura posta nell'edizione, inevitabili sono sviste ed errori residui, ed il CIDEM è fin d'ora grato a docenti e studenti che vorranno segnalarli.

<sup>2</sup> Pubblicato sulla *Gazzetta ufficiale* n. 186 del 1989-08-10.

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

Corso di laurea in

# Ingegneria gestionale

In questi anni il mondo industriale sta subendo un processo di ristrutturazione caratterizzato da un'ampiezza ed un tasso innovativo senza precedenti. Ad innescare tale processo sono stati tre fattori principali: la crescita del costo dei fattori di produzione, la dinamica sempre più veloce dei mercati, l'emergere sulla scena mondiale di nuovi concorrenti.

Questo fenomeno costringe le imprese a confrontarsi sempre più duramente su tre fronti, cioè quelli della competitività, della innovazione, e della qualità. Quando si parla di competitività si intende la capacità dell'impresa non solo di reagire alle dinamiche di mercato, ma soprattutto di porsi come "impresa di riferimento" nel segmento di mercato in cui opera. Con il termine "innovazione" diventa sempre più diffuso riconoscere un processo di miglioramenti continui e progressivi non solo delle tecnologie ma anche della struttura organizzativa e gestionale. Il mercato, d'altra parte, non chiede direttamente innovazione ma prodotti e servizi nuovi o migliori. Dunque, non è l'innovazione ma i suoi frutti ciò che il mercato coglie e giudica. E tali frutti sono valutati in termini di qualità. Recepire questo significa legare la qualità all'innovazione e quindi comprendere come la prima sia realmente ottenibile solo avendo a disposizione un ambiente produttivo il cui livello di eccellenza sia continuamente assicurato da un attento processo di innovazione.

Di fronte ad un processo di ristrutturazione così profondo, le università tecniche hanno dovuto affrontare il problema di una riorganizzazione delle figure di ingegnere da esse formate e dei *curricula* proposti. In tale ottica, una delle innovazioni più significative è stata quella di riconoscere la necessità di fornire, accanto a solide basi teoriche e competenze tecniche, anche una visione della realtà imprenditoriale, delle sue finalità, della sua organizzazione, dei problemi di gestione di risorse tecnologiche ed umane. In sintesi, si è ritenuto essenziale poter offrire una figura di ingegnere capace di operare entro una visione dinamica dell'impresa e del mercato in cui essa opera.

Il corso di laurea in *Ingegneria gestionale* è stato organizzato in modo da formare una figura di professionista di tal genere, capace di affrontare e risolvere proprio problematiche del tipo delineato, quelle problematiche cioè che insorgono in un sistema complesso quale è una moderna impresa industriale. A tale scopo, il piano di studi è stato concepito in modo da assicurare agli allievi, oltre alla cultura tecnica tipica dell'ingegneria industriale (presente in modo rilevante in circa i due terzi del corso di laurea) anche competenze che permettano loro di organizzare ed utilizzare sistemi informativi aziendali, inquadrare e risolvere problemi organizzativi anche in ottica economico-finanziaria, impiegare moderni strumenti di gestione e controllo di flussi produttivi e di servizi.

In sintesi, il corso di laurea fornisce le classiche competenze dell'ingegnere industriale nei tre settori meccanico, elettrico ed energetico, compatibilizzandole con le nuove problematiche dell'organizzazione di sistemi aziendali complessi, della gestione di processi produttivi e di programmi di innovazione volti all'assicurazione di target di qualità.

Come descritto in dettaglio nei quadri che seguono, l'uno contenente la lista dei corsi obbligatori, l'altro contenente l'organizzazione dei corsi di orientamento, il corso di lau-

rea si sviluppa attraverso ventinove insegnamenti con tre orientamenti: *Produzione, Amministrazione e finanza, Servizi energetici*. Il primo orientamento è volto a fornire competenze relative alla gestione di processi produttivi. Il secondo è più orientato a competenze connesse ai problemi organizzativi e di gestione economico finanziaria. Il terzo infine è dedicato alla formazione di *energy manager*, figura necessaria, nella normativa europea, per molti settori industriali.

Quanto precedentemente esposto è riassunto nei quadri che seguono.

### Quadro didattico degli insegnamenti obbligatori

Il quadro presenta la successione temporale delle materie obbligatorie, nonché la posizione delle quattro materie di orientamento (indicate con *Y.1 - Y.4*).

1:1	(1. anno, 1. periodo didattico) M023 1 : Analisi matematica 1 M0620 : Chimica
1:2	M2300 : Geometria M190 1 : Fisica 1 M2170 : Fondamenti di informatica
2:1	M0510 : Calcolo numerico M1902 : Fisica 2 M1380 : Disegno assistito dal calcolatore
2:2	M4880 : Sistemi di elaborazione M1660 : Elementi di meccanica teorica e applicata M3500 : Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici
3:1	M1795 : Elettrotecnica + Elettronica applicata (integrato) M4605 : Scienza delle costruzioni + Affidabilità e sicurezza delle costruzioni meccaniche (integrato) M0840 : Controlli automatici
3:2	M1811 : Energetica 1 + Sistemi energetici 1 (integrato) M1560 : Economia politica <i>Y.1 Insegnamento di orientamento</i>
4:1	M4550 : Ricerca operativa M153 1 : Economia ed organizzazione aziendale 1 M5020 : Sistemi integrati di produzione
4:2	M1532 : Economia ed organizzazione aziendale 2 M4960 : Sistemi elettrici industriali <i>oppure</i> M2720 : Impianti industriali <i>Y.2 Insegnamento di orientamento</i>

- 
- 5:1 M2460 : Gestione industriale della qualità *oppure*  
 M3730 : Modelli funzionali per l'industria meccanica  
 Y.3 *Insegnamento di orientamento*  
 Y.4 *Insegnamento di orientamento*
- 

- 5:2 M2370 : Gestione dei progetti di impianto  
 Y.5 *Insegnamento di orientamento*  
 Y.6 *Insegnamento di orientamento*
- 

### Insegnamenti di orientamento

Ogni orientamento è costituito da quattro insegnamenti di estensione annuale distribuiti negli anni e nei periodi didattici come già indicato con le posizioni Y.1 – Y.4. Per ogni posizione può aversi scelta tra più insegnamenti. L'attuale disponibilità di corsi permette di strutturare gli orientamenti come indicato nei quadri seguenti.

#### Orientamento Produzione

- 
- 3:2 M3030 : Istituzioni di diritto pubblico e privato
- 

- 4:2 M4350 : Programmazione e controllo della produzione meccanica
- 

- 5:1 M4090 : Produzione assistita da calcolatore *oppure*  
 M3540 : Metrologia generale meccanica *oppure*  
 M5450 : Tecnica della sicurezza elettrica *oppure*  
 A3155 : Storia della tecnologia  
 M2860 : Informatica industriale (1995/96 vicariato da:)  
 M5010 : Sistemi informativi
- 

- 5:2 M5390 : Studi di fabbricazione  
 M3740 : Modelli per il supporto alle decisioni *oppure*  
 M3950 : Plasticità e lavorazioni per deformazione plastica *oppure*  
 M5440 : Tecnica della sicurezza ambientale *oppure*  
 M3850 : Oleodinamica e pneumatica
- 

#### Orientamento Finanza e amministrazione

- 
- 3:2 M3030 : Istituzioni di diritto pubblico e privato
- 

- 4:2 M5175 : Statistica aziendale + Marketing industriale (integrato) *oppure*  
 M1500 : Economia e gestione dei servizi
- 

- 5:1 M1490 : Economia dell'impresa  
 M5010 : Sistemi informativi
- 

- 5:2 M4840 : Sistemi di analisi finanziaria  
 M3770 : Modelli per l'organizzazione e la gestione dei sistemi (95/96 vicariato da:)  
 M3740 : Modelli per il supporto alle decisioni
-

**Orientamento Servizi energetici**

---

3:2 M 3030 : Istituzioni di diritto pubblico e privato

---

4:2 M 1812 : Energetica 2 + Sistemi energetici 2 (integrato, ridotto)

---

5:1 M 2780 : Impianti per la cogenerazione ed il risparmio energetico

M 2860 : Informatica industriale (1995/96 vicariato da:)

M 5010 : Sistemi informativi

---

5:2 M 2380 : Gestione dei servizi energetici

M 1500 : Economia e gestione dei servizi *oppure*

M 4740 : Sicurezza e analisi di rischio *oppure*

M 2820 : Impianti termotecnici

---



# Programmi degli insegnamenti

(insegnamenti obbligatori)

*I programmi sono riportati nello stesso ordine (anno e periodo didattico) in cui compaiono nel quadro generale. A questa sezione seguono i programmi dei corsi d'orientamento (p. 49). Al termine del volume (p. 77) le tavole alfabetiche generali, per nomi dei docenti e per titoli degli insegnamenti.*

## M0231      **Analisi matematica 1**

Anno: periodo 1:1    Lezioni, esercitazioni, laboratori: 72+46+20 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Annarosa Scarafiotti

Finalità del corso è di fornire gli strumenti di base del calcolo differenziale, propedeutici ai corsi della Facoltà di Ingegneria, insegnando come affrontare i problemi con rigore e spirito critico.

**REQUISITI.** Le nozioni fondamentali di algebra, di geometria, di trigonometria, secondo i programmi di scuola secondaria superiore.

### PROGRAMMA

Insiemi, applicazioni fra insiemi; funzioni, proprietà globali.

Successioni, teoremi di base; serie.

Le proprietà locali delle funzioni reali di variabili reale, limiti e continuità, derivabilità.

Proprietà globali delle funzioni continue.

Teoremi e applicazioni del calcolo differenziale.

Integrali indefiniti: funzioni primitive, regole d'integrazione.

Integrali definiti: definizione e proprietà.

Integrali impropri: criteri di convergenza.

Equazioni differenziali del 1. ordine: generalità, il problema di Cauchy.

Equazioni differenziali lineari del 2. ordine a coefficienti costanti.

**ESERCITAZIONI.** Seguono il programma delle lezioni.

**LABORATORIO.** Utilizzo di un ipertesto predisposto dal docente, per rispondere a quesiti su temi relativi al corso e su applicazioni.

### BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

A.R. Scarafiotti Abete, *Elementi di analisi matematica*, Torino, Levrotto & Bella, 1994.

Testi ausiliari:

A. Bacciotti, F. Ricci, *Lezioni di analisi matematica I*, Napoli, Liguori, 1994.

### ESAME

L'esame consiste di una prova scritta e di una prova orale, cui si accede con prova scritta valutata con "non gravemente insufficiente". Nella prova orale il candidato discute una propria relazione e/o temi del corso svolto

## M0620 Chimica

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

Docente: Claudio Badini

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

### PROGRAMMA

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

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

*Lo stato gassoso.* [6 ore]

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

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

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

*Stato solido.* [6 ore]

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

*Termochimica.* [7 ore]

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

*Cinetica.* [5 ore]

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

*Equilibrio chimico.* [8 ore]

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

*Elettrochimica.* [7 ore]

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

**Chimica organica.** [10 ore]

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

**Chimica descrittiva.** [10 ore]

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

**ESERCITAZIONI**

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

**BIBLIOGRAFIA**

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

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

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

Materiale integrativo dattiloscritto darà reso disponibile durante il corso.

**ESAME**

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

**M2300 Geometria**

Anno: periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 76+44 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Caterina Cumino (collab.: Marta Calanchi, Giovanna Viola)

Il corso si propone di fornire una preparazione di base per lo studio di problemi geometrici nel piano e nello spazio e di problemi di algebra lineare.

**REQUISITI.** Nozioni propedeutiche: elementi di geometria euclidea e trigonometria, proprietà dei numeri reali, operazioni di derivazione e integrazione.

**PROGRAMMA**

Vettori del piano e dello spazio: operazioni, componenti, prodotto scalare, vettoriale, misto. [4-5 ore]

Numeri complessi: operazioni, rappresentazione trigonometrica, radici  $n$ -esime. [3-4 ore]

Polinomi ed equazioni algebriche in campo reale e complesso: radici, principio di identità. [12 ore]

Spazi vettoriali: proprietà elementari, sottospazi, somma e intersezione, dipendenza e indipendenza, basi e generatori, dimensione. [6-7 ore]

Matrici: operazioni, spazi di matrici, matrici simmetriche e antisimmetriche, matrici invertibili. [5-6 ore]

Applicazioni lineari: definizione, nucleo e immagine, suriettività, iniettività, applicazione inversa, applicazioni lineari e matrici, matrici simili e cambiamenti di base.

[5-6 ore]

Sistemi lineari: compatibilità e teorema di Rouché-Capelli, metodi di risoluzione, sistemi ad incognite vettoriali, matrici inverse, determinanti e matrici. [7-8 ore]

Autovalori e autovettori: polinomio caratteristico, autospazi, endomorfismi semplici, diagonalizzazione. [5-6 ore]

Forma canonica di Jordan: matrici a blocchi, polinomio minimo e teorema di Cayley-Hamilton, sottospazi invarianti, endomorfismi nilpotenti, forma canonica di Jordan (senza dimostrazioni). [3-5 ore]

Cenni su equazioni e sistemi differenziali lineari. [3-4 ore]

Spazi con prodotto scalare e matrici simmetriche (cenni). [2-6 ore]

Coordinate cartesiane sulla retta e nel piano. Coordinate polari nel piano. [1 ora]

Rette e circonferenze nel piano. [1-3 ore]

Coniche in forma canonica e generale. [5-6 ore]

Coordinate cartesiane e polari nello spazio. [1-2 ore]

Rette e piani nello spazio. [5-6 ore]

Sfere e circonferenze. [2-3 ore]

Superfici nello spazio: coni, cilindri, superficie di rotazione. [5-6 ore]

Quadriche in forma canonica. Rette e piani tangenti a quadriche, quadriche rigate.

[4-5 ore]

Curve nello spazio e curve piane. [1-2 ore]

Funzioni vettoriali di una variabile. [2-3 ore]

Curve regolari e biregolari: versori tangente, normale e binormale, piano osculatore, ascissa curvilinea, curvatura, torsione, cerchio osculatore, formule di Frénet. Elica circolare. [4-5 ore]

**ESERCITAZIONI.** Le esercitazioni sono dedicate a esaminare e risolvere con varie tecniche esempi e problemi che scaturiscono dalle lezioni.

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

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

Testi ausiliari:

A. Sanini, *Lezioni di geometria*, Levrotto & Bella, Torino, 1994.

S. Greco, P. Valabrega, *Esercizi risolti di algebra lineare, geometria analitica differenziale*, Levrotto & Bella, Torino, 1994.

G. Beccari, N. Catellani, D. Ferraris, D. Giublesi, M. Mascarello, *Esercizi di algebra lineare e di geometria analitica*, CELID, Torino, 1983.

E. Sernesi, *Geometria 1*, Bollati Boringhieri, Torino, 1990.

## ESAME

L'esame si può sostenere con due modalità diverse:

A) Lo studente può sostenere due prove scritte, che si svolgono a metà e al termine del corso, durante le quali è vietato usare libri o appunti. La prima prova scritta è un *test* della durata di un'ora, a risposte multiple, riguardante l'algebra lineare e i numeri complessi; nella seconda prova scritta, della durata di un'ora e mezza, lo studente deve svolgere esercizi di geometria analitica piana e spaziale. Chi raggiunge complessivamente fra le due prove un punteggio maggiore di 15/30 può sostenere direttamente la prova orale in un qualunque appello di esami fra giugno e ottobre e presentarsi all'orale per un massimo di due volte, delle quali una negli appelli di giugno e luglio e una negli appelli di settembre e ottobre.

B) Lo studente che non raggiunga i 15/30 nei *test* (o non partecipi a questi) si presenterà all'esame, in uno degli appelli previsti dal calendario, per sostenere una prova

scritta della durata di circa due ore, che consiste di esercizi e problemi sugli argomenti del corso, durante la quale è consentito consultare i testi. La prova orale sarà sostenuta nello stesso appello.

## M1901 **Fisica 1**

Anno: periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+2 (ore settimanali); ++18 (nell'intero periodo)  
Docente: Paolo Allia (collab.: Arianna Montorsi)

Vengono trattati i concetti basilari per la comprensione e la risoluzione di semplici problemi di fisica classica (meccanica, elettrostatica, ottica geometrica) con particolare riferimento a quelli che si possono più comunemente presentare nelle applicazioni di tipo ingegneristico. Gli argomenti principali del corso sono: la teoria della misura e degli errori; la meccanica di una particella puntiforme; la meccanica dei sistemi di particelle, con un accenno al moto del corpo rigido ed alla fluidodinamica; la teoria della gravitazione universale; le oscillazioni meccaniche; l'elettrostatica nel vuoto; l'ottica geometrica.

REQUISITI. Gli elementi di calcolo differenziale sviluppati nel corso di *Analisi 1*.

### PROGRAMMA

#### 1. *Misure*

Grandezze fisiche. Misurazioni. Grandezze fondamentali e derivate.

Equazioni dimensionali. Sistemi di misura e unità. Errori di misura.

Propagazione degli errori. Cenni di teoria dell'errore e metodo dei minimi quadrati.

#### 2. *Meccanica del punto*

Vettori e scalari. Componenti. Vettori unitari. Cenni di calcolo vettoriale.

Moto rettilineo: posizione, velocità e accelerazione. Caduta libera.

Moti piani: posizione, velocità e accelerazione. Moto circolare uniforme.

Moto dei proiettili. moti relativi: velocità e accelerazione relative. Sistemi inerziali.

Forza e massa. Leggi di Newton. Applicazioni. Forze di attrito (radente e viscoso).

Moto circolare uniforme. Lavoro di una forza costante e di una forza variabile. Lavoro di una forza elastica. Energia cinetica e teorema dell'energia cinetica. Potenza. principio di equivalenza. Lavoro ed energia potenziale. Forze conservative e non conservative. Teorema di conservazione dell'energia meccanica. Conservazione dell'energia per un sistema di particelle.

#### 3. *Meccanica dei sistemi*

Centro di massa. Quantità di moto di una particella e di un sistema di particelle. Conservazione della quantità di moto. Sistemi a massa variabile. Impulso e quantità di moto. Urti elastici e anelastici in una dimensione.

Cenni agli urti in due dimensioni. Sistema di riferimento del centro di massa. Moto rotatorio. Variabili rotazionali. Energia cinetica di rotazione.

Momento d'inerzia. Momento di una forza. Dinamica rotazionale del corpo rigido.

Rotolamento. Momento angolare. Seconda legge di Newton in forma angolare. Momento angolare di un sistema di particelle e di un corpo rigido in rotazione attorno a un asse fisso. Conservazione del momento angolare ed esempi. Centro di gravità. Equilibrio statico. Condizioni di equilibrio ed esempi.

#### 4. *Oscillazioni meccaniche*

Oscillatore armonico semplice. Considerazioni energetiche. Moto armonico semplice e moto circolare uniforme. Moto armonico smorzato. Oscillazioni forzate e risonanza (cenni).

#### 5. *Fluidi*

Densità e pressione. Principi di Pascal e Archimede. Linee di flusso ed equazione di continuità. Equazione di Bernoulli ed applicazioni.

#### 6. *Gravitazione*

Legge della gravitazione universale. Energia potenziale gravitazionale. Campo e potenziale gravitazionale. Leggi di Keplero.

#### 7. *Elettrostatica*

Legge di Coulomb. Conservazione della carica. Campo elettrico. Linee di forza. Campo elettrico di: una carica puntiforme; un dipolo elettrico; una distribuzione lineare di carica; un disco carico. Carica puntiforme e dipolo in un campo elettrico. Flusso del campo elettrico. Legge di Gauss. Conduttore carico isolato. Applicazioni della legge di Gauss. Energia potenziale elettrica. Potenziale elettrico. Campo elettrico e potenziale. Potenziale di: una carica puntiforme; un insieme di cariche puntiformi, un dipolo elettrico; una distribuzione continua di cariche. Superfici equipotenziali. Condensatori. Capacità elettrica. Calcolo della capacità. Condensatori in serie e in parallelo. Energia immagazzinata in un campo elettrico.

#### 8. *Ottica geometrica*

Riflessione e rifrazione della luce. Specchi piani e sferici. Superfici rifrangenti sferiche. Lenti sottili.

ESERCITAZIONI. Impostazione, risoluzione e commento di semplici problemi di fisica relativi a tutti i principali argomenti trattati nelle lezioni.

#### LABORATORIO

1. Misurazione di spostamenti, velocità e accelerazione di gravità per un corpo in caduta libera.
2. Misurazione del periodo di oscillazione del pendolo semplice in funzione della lunghezza del filo e dell'ampiezza di oscillazione.
3. Misurazione dell'indice di rifrazione del vetro con il metodo del prisma in condizione di deviazione minima.

#### BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

- R. Resnick, D. Halliday, D.S. Krane, *Fisica 1*, 4. ed., Ambrosiana, Milano, 1993.  
 D. Halliday, R. Resnick, D.S. Krane, *Fisica 2*, 4. ed., Ambrosiana, Milano, 1994 (solo per l'elettrostatica e l'ottica geometrica).

Testo ausiliario:

- G. Lovera, B. Minetti, A. Pasquarelli, *Appunti di Fisica 1*, Levrotto & Bella, Torino, 1977.

#### ESAME

L'esame consta di una prova orale, che si svolge dopo che il docente ha acquisito vari elementi di giudizio sullo studente, fra cui l'esito di una prova scritta e le relazioni di laboratorio.

Lo scritto consta di norma di tre esercizi che ricoprono tutto l'arco della materia svolta nel corso.

Una volta svolto lo scritto, l'esame (orale) può essere sostenuto in qualunque appello a partire da quello in cui si è svolto lo scritto stesso, purché entro il maggio dell'anno immediatamente successivo. Superato tale tempo senza aver sostenuto l'orale con esito positivo, lo scritto deve essere comunque ripetuto. Lo scritto effettuato nel preappello di maggio vale solo per tale preappello.

La prova scritta rimane valida, nei limiti di tempo di cui al punto precedente, anche nel caso in cui la prova orale non venga superata.

Lo studente che, avendo svolto lo scritto, intende sostenere l'orale deve prenotarsi apponendo il proprio nome sui fogli disponibili presso il dipartimento di Fisica a partire da una settimana prima di ogni appello.

Lo statino deve essere presentato all'atto di sostenere l'esame orale.

## M2170 Fondamenti di informatica

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

Docente: Antonio Lioy

Il corso intende presentare i fondamenti dell'informatica, con lo scopo di chiarirne i principi teorici per permettere una corretta valutazione delle possibilità applicative degli elaborati elettronici. Ci si prefigge inoltre di fare acquisire agli allievi una discreta "manualità" nell'uso degli elaboratori, attraverso l'impiego di strumenti di produttività individuali e di un linguaggio di programmazione. Il corso è propedeutico ai corsi specialistici di informatica; inoltre fornisce le basi per molti corsi di carattere matematico-fisico che richiedono l'uso del calcolatore per le esercitazioni e lo sviluppo di casi di studio.

**REQUISITI.** Non esiste nessuna propedeuticità specifica in termini di esami, ma è utile avere buone basi matematiche ed attitudine al ragionamento.

### PROGRAMMA

#### *Cenni storici* [2 ore]

Evoluzione del calcolo automatico: breve storia dei calcolatori meccanici, elettromeccanici ed elettronici.

#### *Codifica dell'informazione* [10 ore]

Sistemi di numerazione (in particolare il sistema binario); numeri relativi (codifica in modulo e segno ed in complemento a due); numeri frazionari (problemi di approssimazione; codifica *fixed point* e *floating point*; lo *standard* IEEE-754); codifica BCD; operazioni aritmetiche in binario puro ed in complemento a due; errori di *overflow* e di *underflow*; informazioni non numeriche (codici binari, codice ASCII); protezione dell'informazione dagli errori casuali (codici a rivelazione ed a correzione d'errore).

#### *Logica booleana* [4 ore]

Variabili booleane, operatori logici (*and*, *or*, *not*, *exor*), tavola di verità, teoremi booleani, minimizzazione di espressioni logiche.

#### *Tecnologia elettronica* [4 ore]

Transistori, porte logiche, circuiti combinatori, *flip-flop*. Circuiti sequenziali, registri; tecnologie elettroniche (MOS, bipolari, circuiti integrati).

*Architettura degli elaboratori elettronici* [8 ore]

Unità di *input* (*buffer*, *ADC*; tastiera, *mouse*, *scanner*, tavoletta grafica); unità di *output* (*buffer*; video, stampanti, *plotter*); unità operativa (*ALU*, registri, *flag*); memoria (indirizzamento, *RAM*, *ROM*; *floppy disk*, *hard disk*, *CD-ROM*; nastri magnetici, *QIC*, *DAT*); unità di controllo (*program counter*, *instruction register*, esecuzione di un'istruzione)

*Il software* [4 ore]

Il sistema operativo (funzionalità; sistemi *batch*, *multitask*, *time-sharing*, *real-time*, *fault tolerant*); gli strumenti per lo sviluppo dei programmi (interprete, compilatore, *linker*, librerie statiche e dinamiche, *debugger*, *profiler*); linguaggi di programmazione (codice macchina, linguaggio *assembler*, linguaggi ad alto livello).

*Il sistema operativo MS-DOS* [4 ore]

Organizzazione interna, interfaccia utente, *file* di comandi, istruzioni di configurazione.

*Strumenti di produttività individuale* [8 ore]

Elaborazione di testi e tabelle in formato elettronico; *database*.

*Il linguaggio C* [20 ore]

Tipi di dato, istruzioni di assegnazione, operazioni aritmetiche e logiche, istruzioni di controllo, sottoprogrammi e passaggio dei parametri, libreria di I/O, libreria matematica, *file* di testo.

*Telematica* [12 ore]

Tipologie di comunicazione (seriale, parallela; sincrona, asincrona; a commutazione di circuito e di pacchetto); reti di calcolatori (topologia a stella, ad anello ed a *bus*; *LAN*, *MAN* e *WAN*); esempi: lo *standard* IEEE 802.3, la rete Internet); strumenti di comunicazione in rete (posta elettronica, trasferimento di dati, terminale virtuale; il ciber-spazio: *gopher*, *veronica*, *wais*, *www*); sistemi *client-server*.

## ESERCITAZIONI

- Codifica dell'informazione: conversioni tra basi diverse, codifica di numeri relativi e razionali, codifica di informazioni generiche, rivelazione e correzione di errori casuali; [2 ore]
- operazioni aritmetiche: addizioni e sottrazioni in binario puro ed in complemento a due; [2 ore]
- logica booleana: verifica di espressioni logiche, costruzione e minimizzazione di funzioni logiche; [2 ore]
- architettura degli elaboratori elettronici: dimensionamento di componenti e calcolo di prestazioni; [2 ore]
- i *personal computer* MS-DOS: configurazione *software* di un PC, scrittura di *file* di comandi; [4 ore]
- programmazione in linguaggio C: interfacce a menù, applicazione di formule matematiche, riduzione di dati numerici, analisi di testi. [16 ore]

## LABORATORIO

- uso dei *personal computer* MS-DOS; [4 ore]
- programmazione in linguaggio C; [14 ore]
- uso di strumenti di produttività individuale; [4 ore]
- uso di strumenti per la navigazione in rete. [2 ore]



**BIBLIOGRAFIA**

Testi di riferimento:

Dispense delle lezioni ed esercitazioni (presso le cooperative del Politecnico).

P. Tosoratti, G. Collinassi, *Introduzione all'informatica*, Ambrosiana.B. Kernigham, D. Ritchie. *Il linguaggio C*, Jackson.

Testo per approfondimenti:

Peter Bishop, *Informatica*, Jackson.**ESAME**

L'esame si articola su due prove scritte (una di teoria ed una di programmazione) da superare entrambe nel medesimo appello. Il voto finale è la media aritmetica (arrotondata per eccesso) dei voti riportati nelle due prove scritte.

Per gli allievi regolari è prevista verso la fine di maggio una prova speciale di teoria che, in caso di superamento, esonera per un anno dalla relativa prova scritta permettendo così all'allievo di sostenere negli appelli successivi solo più la prova di programmazione. La prova di esonero resta valida anche in caso di insufficienza in una prova di programmazione. Nel caso che l'allievo si presenti ad una prova di teoria, il voto dell'eventuale prova di esonero viene automaticamente cancellato, indipendentemente dal risultato della prova di teoria.

**M0510      Calcolo numerico**

Anno: periodo 2:1    Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+3+1 (ore settimanali); 72+36+12 (nell'intero periodo)

Docente: Annamaria Orsi Palamara

Il corso ha lo scopo di garantire le conoscenze fondamentali in materia di calcolo numerico, mediante la descrizione e la valutazione critica dei metodi di base per la risoluzione numerica di modelli matematici, con particolare attenzione agli aspetti applicativi di interesse per l'ingegnere gestionale. Vengono anche svolti alcuni argomenti propedeutici con l'obiettivo di fornire i necessari fondamenti teorici ad integrazione dei corsi di matematica del primo anno.

REQUISITI. *Analisi matematica 1, Geometria, Fondamenti di informatica.***PROGRAMMA****1. Elementi di base.** [10 ore]

Aritmetica di un calcolatore e sue conseguenze nel calcolo numerico; analisi degli errori; condizionamento e stabilità.

**2. Algebra lineare.** [16 ore]

Richiami sulle matrici; soluzione di sistemi lineari. metodi diretti, metodi iterativi.

**3. Approssimazione di funzioni e di dati sperimentali.** [20 ore]

Interpolazione polinomiale; derivazione numerica; interpolazione con funzioni spline; metodo dei minimi quadrati. Serie (cenni).

**4. Calcolo di integrali.** [8 ore]

Formule di quadratura di tipo interpolatorio; stima dell'errore; routines automatiche.

5. *Equazioni non lineari.* [6 ore]

Metodo di bisezione; metodo di Newton e metodi iterativi in generale per equazioni e per sistemi di equazioni non lineari.

6. *Calcolo differenziale per funzioni di più variabili.* [12 ore]

7. *Metodi di ottimizzazione.* [8 ore]

Ottimi non vincolati (gradiente); ottimi con vincoli di uguaglianza (moltiplicatori di Lagrange).

8. *Equazioni alle differenze.* [4 ore]

Equazioni alle differenze lineari; esempi di sistemi di equazioni alle differenze.

9. *Equazioni e sistemi di equazioni differenziali ordinarie* per problemi ai valori iniziali. Elementi di teoria; metodi *one-step* espliciti; metodi *multistep* lineari; stabilità dei metodi numerici; sistemi *stiff*. [20 ore]

10. *Metodi alle differenze per l'equazione delle onde e per l'equazione del calore.* [4 ore]

#### ESERCITAZIONI

Gli argomenti del corso vengono svolti senza una distinzione di orario prefissata tra lezioni ed esercitazioni, ma inserendo esempi ed esercizi ogniqualvolta è necessario.

#### LABORATORIO

Le esercitazioni di laboratorio consistono nella risoluzione di esercizi applicativi su alcuni argomenti del corso mediante l'implementazione su calcolatore di algoritmi visti a lezione e l'utilizzazione di librerie scientifiche.

Per le esercitazioni in laboratorio gli studenti vengono suddivisi in 3 squadre che accedono al LAIB in orari diversi e ciascuna squadra è suddivisa in gruppi di 3 studenti. (Tale suddivisione è concordata con gli studenti all'inizio del semestre).

In laboratorio è prevista l'assistenza di un collaboratore a tempo parziale.

#### BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

G. Monegato, *Fondamenti di calcolo numerico*, Levrotto & Bella, Torino, 1990.  
Appunti distribuiti dal docente durante le lezioni.

#### ESAME

L'esame consiste in una prova orale sull'intero programma svolto durante il corso, comprese le esercitazioni di laboratorio.

È prevista una prova scritta verso la fine del semestre. Il superamento di tale prova comporta l'esonero della corrispondente parte di programma, purchè l'esame finale sia sostenuto in uno degli appelli delle sessioni invernali. È necessario iscriversi all'esame presso la segreteria didattica del Dipartimento di Matematica, lato aule pari (orario: dalle 9 alle 12 dal lunedì al venerdì).

## M1902 Fisica 2

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

Docente: Claudio Oldano (collab.: F. Pirri)

Scopo dei corsi di fisica è quello di dare una visione coerente ed unificata dei fenomeni fisici e dei metodi che ne permettono lo studio. Il corso di *Fisica 2* inizia con lo studio delle interazioni elettromagnetiche, analizzate in termini di campo; particolare rilievo viene dato alle equazioni di Maxwell, che compendiano le proprietà del campo elettromagnetico, ed alle soluzioni che rappresentano onde, e questo serve come introduzione all'ottica. Viene infine trattata la termodinamica, dando particolare enfasi al principio di conservazione dell'energia ed al concetto di irreversibilità. Laboratori e proiezioni in aula di esperimenti stimolano lo studente a non perdere di vista il fenomeno fisico.

### PROGRAMMA

#### *Isolanti, conduttori, corrente elettrica.* [10 ore]

Isolanti e conduttori, costante dielettrica. Corrente elettrica, resistenza, densità di corrente, resistività. Conduttori ohmici, legge di Ohm. Interpretazione microscopica della legge di Ohm (cenni). Generatori ideali e reali di tensione. Generatore di van de Graaf. Bilancio energetico nei circuiti. Circuito RC. Misura di resistenze (laboratorio).

#### *Campo magnetico.* [14 ore]

Forze magnetiche su cariche in moto e su correnti. Definizione del vettore **B**. Effetto Hall. Forze magnetiche sui circuiti, momento di dipolo magnetico. Moto di cariche in campo magnetico. Ciclotrone. Legge di Ampère: campo magnetico di circuiti percorsi da corrente. Dipoli elettrici e magnetici: analogie, differenze. Forze fra conduttori. Definizione dell'ampere. Legge di Faraday: f.e.m. indotta da campi magnetici variabili nel tempo. Considerazioni energetiche. Calcolo del campo elettrico indotto da campi magnetici variabili. Betatrone. Auto- e mutua induzione. Autoinduttanza di avvolgimenti toroidali e solenoidali. Circuito LR. Energia del campo magnetico. Circuiti LC ed RLC: analogie meccaniche, considerazioni energetiche, risonanza (laboratorio). Corrente di spostamento ed equazioni di Maxwell.

#### *Proprietà magnetiche dei materiali.* [4 ore]

Magneti permanenti, correnti di magnetizzazione. Momenti magnetici e momenti angolari negli atomi. Sostanze dia-, para-, ferromagnetiche. Legge di Curie. Legge di Gauss per il magnetismo. Vettore **H**. Legge di Ampère in presenza di mezzi materiali. Risonanza magnetica nucleare.

#### *Onde elettromagnetiche.* [8 ore]

Equazioni di Maxwell in forma integrale e differenziale. Equazione dell'onda elettromagnetica. Onda piana: relazioni fra i vettori **E**, **B**, **H**. Energia dell'onda e vettore di Poynting. Quantità di moto dell'onda, pressione di radiazione. Antenne a dipolo elettrico e proprietà dell'onda emessa. Interazione radiazione - materia, antenne riceventi. Lo spettro elettromagnetico. Luce. Dispersione della luce.

#### *Ottica ondulatoria.* [18 ore]

Superfici d'onda e raggi. Principio di Huygens. Riflessione e rifrazione. Riflessione totale, guide d'onda. Interferenza: esperimento di Young; coerenza, tempo di coerenza. Pellicole sottili, rivestimenti antiriflettenti. Diffrazione: fenomeni di Fresnel e Fraunhofer. Potere separatore degli strumenti ottici (macchina fotografica, occhio umano, telescopio). Interferenza con più sorgenti. Reticoli di diffrazione. Diffrazione dei raggi X, legge di Bragg. Polarizzazione della luce mediante riflessione, dicroismo, doppia rifrazione e diffusione. Misure in luce polarizzata (laboratorio).

*Temperatura e calore.* [6 ore]

Equilibrio termico, principio zero. Temperatura, termometro a gas rarefatto. Punti fissi, punto triplo. Quantità di calore, calori specifici, legge di Dulong e Petit. Equivalente meccanico della caloria. Primo principio. Conduzione del calore in regime stazionario e non. Misura della diffusività termica (laboratorio).

*Teoria cinetica.* [4 ore]

Gas perfetto: definizioni macroscopica e microscopica. Calcolo della pressione. Interpretazione cinetica della temperatura. Equazione dell'adiabatica reversibile. Principio di equipartizione dell'energia, calori specifici di gas e solidi. Cenni di meccanica quantistica e calori specifici alle basse temperature.

*Secondo principio della termodinamica.* [10 ore]

Processi reversibili ed irreversibili. Ciclo di Carnot per il gas perfetto. Macchine termiche e frigorifere. Teorema di Carnot. Secondo principio. Scala termodinamica assoluta delle temperature. Entropia: definizione, calcolo. Entropia e secondo principio, aumento di entropia nei processi naturali. Principali trasformazioni irreversibili, espansione senza lavoro esterno. Cenni di meccanica statistica ed interpretazione statistica dell'entropia.

ESERCITAZIONI. Consistono nella risoluzione di semplici esercizi e nella discussione di quesiti sugli argomenti trattati nel corso.

## LABORATORIO

1. misura di resistenza mediante ponte di Wheastone e misura di temperatura con sensore PT100;
2. studio delle oscillazioni forzate in un circuito RLC mediante uso di oscilloscopio e generatore di segnali; simulazione al calcolatore di transitori in circuiti RC e RLC;
3. misura di lunghezza d'onda della luce mediante reticolo di diffrazione; uso di polarizzatori; polarizzazione per diffusione, verifica della legge di Malus, misura dell'angolo di Brewster;
4. misura della diffusività termica di un provino metallico.

Le 4 esperienze vengono effettuate dagli studenti in piccoli gruppi (2-4), a settimane alterne. Nelle altre settimane si effettuano esperienze in aula o si proiettano esperienze registrate, a squadre di 50 studenti circa. Ogni esperienza viene poi discussa con gli studenti.

## BIBLIOGRAFIA

R. Resnick, D. Halliday, D.S. Krane, *Fisica I e II*, Ed. Ambrosiana, Milano, 1994.

## ESAME

L'esame consta di una prova scritta seguita da una prova orale, entrambe da effettuarsi nella stessa sessione, non necessariamente nello stesso appello. Lo scritto ha la durata di 2 ore, e consiste in una serie di problemi e/o quesiti sugli argomenti trattati nel corso e sulle esperienze di laboratorio. Il peso della prova scritta sulla valutazione finale è di 1/3.

Alla fine del primo semestre gli studenti possono sostenere una prova scritta comprendente problemi e quesiti, della durata di 3 ore, con votazioni distinte per gli argomenti di elettromagnetismo, ottica, termodinamica. Questa prova scritta, se superata con una media di almeno 15/30, dà diritto all'esonero dallo scritto d'esame per l'intero anno accademico. Il peso di questa prova scritta sul voto finale può arrivare ad un massimo di 2/3.

Lo statino deve essere consegnato prima dell'esame orale.

## M1380 Disegno assistito dal calcolatore

Anno: periodo 2:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 52+26+26 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Giovanni Podda

Il corso si propone di mettere in grado gli allievi ingegneri gestionali di interpretare e rappresentare graficamente elementi singoli ed assemblati, quali si ritrovano nei disegni tecnici per la comunicazione, la verifica ed il controllo dei prodotti nell'ambito dei processi manifatturieri. Il corso fornisce capacità di base per la rappresentazione a mano libera mediante schizzi e per il disegno assistito dal calcolatore mediante l'uso di programmi 2D e 3D. Viene inoltre esposta la teoria delle curve e superfici parametriche per applicazioni di approssimazione ed interpolazione e la teoria delle trasformazioni prospettiche per la modellazione assistita.

**REQUISITI.** Sono richieste conoscenze di informatica di base per la comprensione e la pratica al calcolatore della parte assistita.

### PROGRAMMA

#### 1. *Introduzione al disegno.* [4 ore]

Il disegno come linguaggio grafico per la comunicazione di informazioni tecniche. La collocazione del disegno nel ciclo di vita del prodotto. Il disegno assistito dal calcolatore.

#### 2. *Le specifiche del disegno.* [12 ore]

I disegni tecnici. Le proiezioni centrali ed assonometriche. Le proiezioni ortogonali. Le viste e le sezioni. La quotatura. Le tolleranze dimensionali. Le tolleranze geometriche. La rugosità.

#### 3. *Le lavorazioni meccaniche.* [4 ore]

La classificazione delle lavorazioni meccaniche. Le lavorazioni per asportazione di truciolo. Le lavorazioni per deformazione plastica.

#### 5. *Gli elementi principali del disegno tecnico meccanico.* [12 ore]

Le chiavette, le linguette e i profili scanalati. Le filettature e i dispositivi antisvitamento. Le spine e gli anelli elastici. Le chiodature e le saldature. Le ruote dentate. I cuscinetti radiali.

#### 4. *Il disegno assistito.* [12 ore]

Le primitive bidimensionali. L'*editing*. I blocchi ed i tratteggi. La quotatura. Le primitive tridimensionali. La modellazione solida.

#### 9. *Le trasformazioni prospettiche.* [8 ore]

Le trasformazioni nel piano e nello spazio. Gli algoritmi per la prospettiva centrale e parallela.

#### 10. *L'interpolazione e l'approssimazione.* [8 ore]

Le curve parametriche cubiche e di Bezier. Le superfici parametriche bicubiche e di Bezier.

### ESERCITAZIONI. [26 ore, 2 squadre]

Le esercitazioni consistono nella rappresentazione, in assonometria ed in proiezione quotata, di elementi meccanici presentati singolarmente o estratti da complessivi. Esse verranno eseguite sotto forma di schizzi a mano libera e con controllo del tempo di esecuzione.

**LABORATORIO.** [26 ore, 4 squadre]

I disegni a vista singola

Le costruzioni geometriche

La descrizione della forma

Le proiezioni multivista

Le tecniche di quotatura

Le sezioni

Le viste ausiliarie

Le proiezioni isometriche

La modellazione tridimensionale

Le tecniche di proiezione con modelli wire-frame

La modellazione solida

**BIBLIOGRAFIA**

Testi di riferimento:

A. Chévalier, *Manuale del disegno tecnico*, SEI, Torino, 1983 (o equivalente).M. Orlando, G. Podda, *Lineamenti di disegno automatico. Parte 2.*, CLUT, Torino, 1994.A.J. Kalameja, *The AutoCAD tutor*, DELMAR, Albany, 1989.

Testi ausiliari:

M.E. Mortenson, *Modelli geometrici*, McGraw-Hill, Milano, 1989.C. McMahon, J. Browne, *CAD/CAM from principles to practice*, Addison-Wesley, 1993.**ESAME**

L'esame consiste in una prova grafica (1 ora), una prova teorica (45'), una prova di disegno assistito (1 ora) ed una valutazione delle esercitazioni (tavole) svolte durante il corso. È previsto un esonero dalla prova grafica e dalla prova di disegno assistito mediante accertamenti eseguiti durante il corso.

**M4880 Sistemi di elaborazione**

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

Docente: Elena Baralis

Il corso consiste in un'ampia panoramica sulle tematiche fondamentali dello *hardware*, del *software* e dell'organizzazione di sistemi complessi di elaborazione dell'informazione. Si propone il duplice obiettivo di approfondire le conoscenze informatiche generali acquisite nell'ambito del corso di *Fondamenti di informatica* per dotare gli allievi di una solida "cultura informatica" e di fornire una conoscenza di base delle applicazioni dell'informatica nell'industria.

REQUISITI. *Fondamenti di informatica***PROGRAMMA***Evoluzione tecnologica.* [4 ore]

Evoluzione delle tecnologie *hardware*: unità centrali di elaborazione, dispositivi periferici. Evoluzione delle tecnologie *software*: caratteristiche, criteri di impiego e diversi aspetti dei sistemi operativi e del *software* di base.

**Sistemi operativi.** [6 ore]

Tipi di sistema operativo. Gestione della memoria. Gestione dei processi. Sicurezza e protezione delle risorse.

**Architetture.** [6 ore]

Potenza di calcolo. Architetture RISC, CISC. Architetture parallele. Architetture vettoriali.

**Basi di dati.** [30 ore]

Modello concettuale dei dati: modello *entità - relazione*. Modelli logici dei dati: modello relazionale, modello gerarchico e modello reticolare. Tecniche di progettazione concettuale e logica di una base di dati. Cenni di teoria della normalizzazione. Il linguaggio SQL: istruzioni per la definizione e l'elaborazione dei dati. Sistemi per la gestione delle transazioni. Gestione dei problemi dovuti a malfunzionamento.

**Reti di calcolatori.** [14 ore]

Servizi di rete. Supporti fisici per il collegamento. Collegamenti punto-punto: *modem*. Modello ISO/OSI. Reti locali (LAN): Ethernet, *token ring*, FDDI. Reti metropolitane (MAN) e reti geografiche (WAN).

**ESERCITAZIONI**

Esercizi di progettazione concettuale e logica di basi di dati.

Esercizi sul linguaggio SQL.

Descrizione delle caratteristiche degli applicativi utilizzati in laboratorio.

**LABORATORIO**

(Esercitazioni su *personal computer*)

Sviluppo di piccole applicazioni in ambiente di sviluppo orientato agli oggetti.

Accesso ad una base di dati relazionale mediante interfaccia SQL.

Uso di strumenti per l'automazione d'ufficio, quali foglio elettronico.

**BIBLIOGRAFIA**

Testo di riferimento:

P. Montessoro, *Appunti di sistemi di elaborazione*, Levrotto & Bella.

Testi ausiliari:

D.N. Chorafas, *Systems architecture and systems design*, McGraw-Hill, New York, 1989.

C. Batini, S. Ceri, S. Navathe, *Conceptual database design : an entity - relationship approach*, Benjamin-Cummings, 1992.

C.J. Date, *An introduction to database systems*, Addison-Wesley, 1991.

A.S. Tanenbaum, *Computer networks*, Prentice-Hall, 1988.

ESAME. Prova scritta e prova orale.

## M1660 Elementi di meccanica teorica e applicata

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

Il corso si sviluppa in due parti: *cinematica* (studio del moto in sé) e *dinamica* (studio del moto come effetto delle forze che lo causano), ed ha essenzialmente lo scopo di presentare la meccanica come disciplina analitica. Il carattere di scienza applicata si esemplifica negli oggetti che vengono assunti per applicare le leggi del moto: non sistemi ideali, ma sistemi reali, meccanismi e sistemi meccanici visti nella loro effettiva dimensione industriale, finalizzati alla produzione di beni materiali.

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

### PROGRAMMA

Introduzione al corso. La fisica e la meccanica. Il principio di causalità nella meccanica. I sistemi meccanici e le loro variabili di stato.

#### *Cinematica.*

Sistemi di riferimento cartesiani, sferici e cilindrici. Traiettorie di un sistema puntiforme nel piano. Cinematica dei sistemi puntiformi nello spazio. Moto relativo. Accelerazione di Coriolis. Cinematica dei corpi rigidi nel piano. Centro di istantanea rotazione. Cinematica del corpo rigido nello spazio. Esempi di moto di corpo rigido: cilindro sul piano, cilindro su gradino, ... Cinematica dei sistemi vincolati e articolati. I cinematicismi. Le camme. Le ruote dentate. Ruotismi ordinari e speciali. Le trasmissioni a flessibile.

#### *Dinamica.*

La dinamica dei sistemi puntiformi. La geometria delle masse e i principi di equivalenza. La dinamica del corpo rigido nel piano. La quantità di moto e relativi teoremi. Stabilità dei sistemi meccanici, attrattori e punti di stabilità. La dinamica del corpo rigido: forze di massa, forze di superficie. La dinamica dei corpi rigidi vincolati: le forze negli accoppiamenti. Forze elastiche. Lavoro e energia. Il piano inclinato (massa puntiforme, cilindro, conei, ...). I fenomeni dissipativi: attrito viscoso e attrito coulombiano. Modelli di attrito di strisciamento e di rotolamento. Il cono, la vite, il perno. Le ipotesi di usura nei contatti di strisciamento. Freni. I freni e le frizioni. L'imputamento. I fenomeni d'urto. L'accoppiamento dei sistemi meccanici.

Forze nelle trasmissioni a flessibile. Forze nei ruotismi. Dinamica dei sistemi meccanici articolati.

Vibrazioni dei sistemi meccanici ad un grado di libertà: modelli e risposta nel tempo e risposta in frequenza. Frequenze di risonanza. Le equazioni di Lagrange (cenni). Le trasformate di Laplace (cenni). Dinamica dei sistemi a più gradi di libertà. I sistemi a fluido.

### ESERCITAZIONI

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



**BIBLIOGRAFIA**

Testi di riferimento:

G. Jacazio e B. Piombo, *Meccanica applicata alle macchine. Vol. I, Principi generali di meccanica*, Levrotto & Bella, Torino, 1991.G. Jacazio, B. Piombo, *Meccanica applicata alle macchine. Vol. II, La trasmissione del moto*, Levrotto & Bella, Torino, 1992.

Testi ausiliari:

G. Jacazio e B. Piombo, *Meccanica applicata alle macchine. Vol. III, Regolazione e servomeccanismi*, Levrotto & Bella, Torino, 1994.C. Ferraresi, T. Raparelli, *Appunti di meccanica applicata*, CLUT, Torino, 1992.J.L. Merian, L.G. Kraige, *Engineering mechanics. 1, Statics*, Wiley, New York, 1987.J.L. Merian, L.G. Kraige, *Engineering mechanics. 2, Dynamics*, Wiley, New York, 1987.V. Marchis, *Modelli*, SEI, Torino, 1988.**ESAME**

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

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

**M3500****Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici**

Anno:periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4+2 (ore settimanali); 80+40 (nell'intero periodo)

Docente: Grazia Vicario

Scopo del corso è quello di fornire agli allievi (di Ingegneria gestionale, e di altri corsi per cui sia dichiarato materia opzionale) sia nozioni fondamentali di calcolo delle probabilità e statistica, che consentano gli opportuni approfondimenti in campo teorico, sia conoscenze a livello operativo dei principali metodi statistici applicati in campo tecnico ed economico. A tal fine, accanto alla trattazione teorica, viene riservato un opportuno spazio per la trattazione di problemi pratici di frequente ricorrenza, illustrando mediante esempi, applicabilità e limiti dei metodi usati.

**REQUISITI.** *Analisi matematica 1, Geometria* (gestionali), *Analisi matematica 2* (altri corsi di laurea).

**PROGRAMMA****1. Probabilità.** [8 ore + eserc.]

Definizioni di probabilità e loro applicabilità, nozioni di calcolo combinatorio, regole di calcolo delle probabilità, probabilità a posteriori, la formula di Bayes.

**2. Distribuzioni.** [18 ore + eserc.]

Variabile casuale (discreta e continua), distribuzioni di variabili discrete e continue, principali distribuzioni teoriche, parametri principali relativi a posizione, dispersione, forma, disuguaglianza di Tchebycheff.

3. *Statistica descrittiva.* [6 ore + presentazione di un *package* statistico]

Concetti di popolazione, campione e metodi di campionamento, distribuzioni sperimentali (classi e rappresentazioni grafic oree), misure di tendenza centrale e di dispersione, metodi grafici, GPN e suo impiego diagnostico.

4. *Distribuzioni congiunte.* [12 ore + eserc.]

Distribuzioni congiunte, covarianza e coefficiente di correlazione, distribuzione normale bidimensionale, somma, prodotto e quoziente di variabili casuali, distribuzione del massimo e del minimo, applicazioni allo studio dell'affidabilità.

5. *Processi stocastici.* [10 ore + eserc.]

Processi di Poisson, cenni alla teoria delle code, catene di Markov; processi markoviani omogenei.

6. *Inferenza statistica.* [14 ore + eserc.]

Distribuzioni campionarie, teorema del limite centrale e sue applicazioni ed implicazioni, stima puntuale, stimatori e loro proprietà, intervallo di fiducia e limiti di fiducia per medie, osservazioni a coppie, varianze, proporzioni, basi logic oree di un *test* di ipotesi, tipi di errori e loro controllo, livello e *test* di significatività, curve caratteristiche oree operative e loro uso, *test* riguardanti le medie, le proporzioni, la varianza e confronto fra due o più varianze.

7. *Analisi della varianza.* [4 ore + eserc.]

Analisi della varianza per uno e due fattori controllati. Replicazioni.

8. *Regressione.* [6 ore + eserc.]

Regressione lineare semplice (valutazione di adattamento e variabilità residua), analisi della varianza, osservazioni ripetute, regressione multipla, calcolo con procedimento matriciale, analisi della varianza, correlazione.

9. Cenni sulla *Progettazione degli esperimenti.* [2 ore]

Interdipendenza tra criteri di analisi dei risultati e criteri di pianificazione delle prove, esperimenti fattoriali, effetti principali e interazioni, blocc oree e frazionamenti e loro implicazioni.

## BIBLIOGRAFIA

Richard A. Johnson, *Miller and Freund's Probability and statistics for engineers*, Prentice-Hall.

## ESAME

Si ricorda che gli appelli di esame sono divisi in cinque sessioni e che il periodo "naturale" di valutazione per il corso di *Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici* va dal 19-6-1995 al 29-7-1995; in suddetto periodo vi sono due sessioni di esami (la terza dal 19-6-1995 all'1-7-1995 e la quarta dal 3-7-1995 al 29-7-1995).

L'esame consiste in una prova scritta ed una orale, che devono essere sostenute nello stesso appello (eccezionalmente nel periodo di valutazione compreso tra il 19-6-1995 e il 29-7-1995 è consentito sostenere la prova scritta e la prova orale in appelli diversi). I candidati che lo desiderino possono optare per un esame esclusivamente basato su una prova scritta: in tal caso il voto finale d'esame non potrà superare i 26/30.

Lo studente può presentarsi alla prova scritta una volta per sessione; è necessario prenotarsi preventivamente all'appello, consegnando lo statino presso la Segreteria Didattica del Dipartimento, entro la data che verrà di volta in volta comunicata. Se la prenotazione non viene disdetta, lo studente viene considerato come presente.

Durante le prove scritte lo studente può utilizzare gli appunti del corso, il libro di testo, le tavole e le macchine calcolatrici.

Se lo studente non si ritira entro la mezz'ora che precede il termine per la consegna della prova scritta, l'esito dell'esame verrà comunque registrato.

L'orale non può essere sostenuto se la prova scritta risulta insufficiente e l'eventuale esito negativo della prova orale comporta la ripetizione della prova scritta in una successiva sessione.

## M1795 **Elettrotecnica + Elettronica applicata** (Corso integrato)

Anno:periodo 3:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Federico Piglione

Il corso intende fornire allo studente i fondamenti dell'elettrotecnica e dell'elettronica, con particolare riferimento agli aspetti applicativi in ambito industriale.

### PROGRAMMA

#### *Parte I. Circuiti elettrici in regime stazionario, quasi stazionario e transitorio*

Circuito elettrico elementare a grandezze elettriche fondamentali. Studio del regime stazionario. Bipoli: caratteristiche e convenzioni di segno. [4 ore]

Serie e parallelo. Reti di bipoli. Principi di Kirchhoff. Scrittura delle equazioni di una rete. [4 ore]

Principio di sovrapposizione degli effetti. Teoremi di Thévenin, Norton e Millman. Studio delle potenze in regime stazionario. [3 ore]

Generalità sulle reti elettriche in regime variabile. Induttore e condensatore ideale. Regime periodico sinusoidale. Metodo simbolico. Impedenza e ammettenza. Risoluzione di un circuito con il metodo simbolico. [4 ore]

Circuiti risonanti serie e parallelo. [2 ore]

Potenze in regime sinusoidale. Teorema di Boucherot. Rifasamento. [4 ore]

Cenni sui transistori elettrici. [2 ore]

#### *Parte II. Sistemi trifase*

Sistemi trifase. Connessioni a stella e a triangolo. Carichi equilibrati e squilibrati. Sistemi a stella con e senza neutro. Sistemi a triangolo. [4 ore]

Potenze nei sistemi trifase. Misura della potenza nei sistemi a tre e quattro fili. Rifasamento di carichi trifase. Caduta di tensione su una linea trifase. [4 ore]

#### *Parte III. Richiami e applicazioni di campi elettrici e magnetici*

Campo elettrostatico e sue caratteristiche. Calcolo del condensatore piano e del condensatore cilindrico. Rigidità dielettrica e tensione di scarica. Serie e parallelo di condensatori. Capacità parziali. [2 ore]

Campo di corrente stazionario e sue caratteristiche. Resistenza del conduttore lineare. Cenni sugli impianti di terra. [1 ora]

Campo magnetico in regime stazionario. Caratteristica di magnetizzazione. Ciclo di isteresi. Circuiti magnetici. Auto- e mutua induttanza. Perdite nel ferro per isteresi e correnti parassite. [4 ore]

Azioni meccaniche nel campo elettrico e magnetico. [1 ora]

*Parte IV. Macchine elettriche*

Generalità sulle macchine elettriche. Trasformatore ideale. Trasformatore reale e suo modello. [3 ore]

Prove e dati di targa. Trasformatore trifase. Parallelo di trasformatori. Cenni costruttivi. [4 ore]

Generalità sulle macchine a commutatore. Macchine a corrente continua. Principi di funzionamento e cenni costruttivi. Circuito equivalente. Motore e generatore ad eccitazione indipendente. [4 ore]

Campo magnetico rotante. Cenni sulla macchina sincrona. [2 ore]

Macchina asincrona. Principio di funzionamento e cenni costruttivi. Teoria trasformatorica e circuito equivalente. Applicazioni del motore asincrono. [4 ore]

*Parte V. Elettronica applicata*

Cenni storici sull'evoluzione dei circuiti elettronici. Cenni sulla fisica delle giunzioni a semiconduttore. [2 ore]

Diodo e sua caratteristica. Applicazioni. [4 ore]

Transistor e sua caratteristica. Polarizzazione e punto di lavoro. Applicazioni. [4 ore]

Cenni sui convertitori statici di potenza. [2 ore]

Amplificatore operazionale. Circuiti logici. [4 ore]

Cenni sulla tecnologia dei circuiti integrati. Microprocessore. [4 ore]

## ESERCITAZIONI

Serie e parallelo di resistori. Partitore di tensione e di corrente. [2 ore]

Risoluzione di una rete mediante scrittura delle equazioni ai nodi e alle maglie. [2 ore]

Applicazione dei teoremi di Thévenin, Norton e Millman. [2 ore]

Calcolo di circuiti in regime sinusoidale. Potenze in regime sinusoidale. [6 ore]

Sistemi trifase. [4 ore]

Campi elettrici e magnetici. [2 ore]

Trasformatori. [2 ore]

Macchina in corrente continua. [2 ore]

Motore asincrono. [2 ore]

Esercizi di applicazione su diodi e transistor. Esercizi di applicazione sui circuiti logici. [2 ore]

## BIBLIOGRAFIA

L. Merigliano, *Lezioni di elettrotecnica. Vol. I e II*, CLEUP, Padova.

G. Fiorio, I. Gorini, A.R. Meo, *Appunti di elettrotecnica*, Levrotto & Bella, Torino.

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

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

Temi di esame svolti (saranno resi disponibili in aula).

## ESAME

L'esame si compone di una prova scritta e una orale. La prova scritta verte sugli argomenti svolti durante le esercitazioni e intende valutare l'attitudine acquisita dal candidato alla risoluzione di semplici circuiti elettrici ed elettronici. La prova scritta è normalmente articolata in tre esercizi riguardanti altrettante tematiche fondamentali svolte (sistemi trifase, campi elettrici e magnetici, macchine elettriche, circuiti elettronici). La prova orale verte sull'intero programma del corso, inclusi gli argomenti già trattati nella prova scritta, e intende accertare le competenze complessivamente acquisite, con particolare riguardo agli argomenti più difficilmente trattabili nella prova scritta. Normalmente la prova orale è limitata a una o due domande.

*Modalità organizzative*

La prova scritta si svolge nella data dell'appello. Per motivi organizzativi è necessario prenotarsi almeno tre giorni prima scrivendo il proprio nominativo nell'apposito elenco

presso il dipartimento di Ingegneria elettrica industriale. Occorre presentarsi alla prova scritta muniti di statino e documento di riconoscimento. Durante la prova scritta, per la quale si hanno a disposizione tre ore, è possibile consultare un libro di testo oppure un quaderno di appunti. Ogni esercizio della prova si articola in più domande, per ciascuna delle quali è indicato un punteggio approssimativo. Al termine dello scritto vengono pubblicamente svolti gli esercizi proposti. Gli errori di calcolo non vengono conteggiati, a condizione che l'elaborato consenta di seguire i relativi passaggi in modo chiaro e ordinato.

La partecipazione alla prova scritta, a partire dalla consegna del testo degli esercizi, dà luogo alla registrazione dell'esame e pertanto non è possibile un successivo ritiro. La prova orale ha luogo in una data variabile dal giorno successivo alla prova scritta ad alcuni giorni dopo, in relazione al numero di elaborati da correggere. Di regola i risultati della prova scritta sono resi noti il giorno stesso della prova orale. La soglia minima di ammissione alla prova orale è di 14/30. Il voto finale di esame è la media dei voti riportati nelle due prove. Questo criterio è applicato con una certa libertà, al fine di consentire ai meritevoli il raggiungimento del punteggio massimo. I candidati non ammessi alla prova orale o respinti in seguito ad essa non possono ripetere l'esame nella medesima sessione, in quanto il risultato dell'esame viene comunque registrato.

## **M 4605      Scienza delle costruzioni + Affidabilità e sicurezza delle costruzioni meccaniche**

(Corso integrato)

Anno: periodo 3:1    Lezioni, esercitazioni, laboratori: 3+3+8 (ore settimanali); 60+46 (nell'intero periodo)  
Docenti: Giorgio Faragiana, Muzio M. Gola

### **Scienza delle costruzioni**

Il corso pone le basi per lo studio del corpo deformabile. Imposta il problema del corpo elastico e presenta la soluzione del problema di Saint Venant. Si fanno inoltre cenni ai problemi di sicurezza strutturale. Vengono studiate principalmente strutture monodimensionali (travi e sistemi di travi). Si imposta infine il problema della stabilità e della non linearità, con trattazione della teoria di Eulero.

**REQUISITI.** Statica nel piano e nello spazio, geometria delle aree, analisi matematica.

### **PROGRAMMA**

Richiami di statica e geometria delle aree.

Analisi dello stato di tensione e di deformazione: equazioni di equilibrio, cerchi di Mohor, equazioni di congruenza.

Equazioni dei lavori virtuali. Teoremi energetici.

Leggi costitutive del materiale. Il corpo elastico: la legge di Hooke. Tensioni ideali, limiti di resistenza. Cenno ai problemi di sicurezza strutturale.

Il problema di Saint Venant: casi semplici e sollecitazioni composte.

Il principio di Saint Venant: teoria delle travi.

Travature piane caricate nel loro piano e caricate trasversalmente. Travature spaziali.

Calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti in schemi isostatici ed in schemi iperstatici.

Problemi non lineari con grandi deformazioni. Fenomeni di instabilità.

Caso dell'asta caricata di punta: teoria di Eulero, l'asta oltre il limite elastico.

**ESERCITAZIONI.** Consistono in applicazioni della teoria svolta a lezione. Gli allievi, in gruppi, guidati dal docente, risolvono problemi concreti, ed eseguono elaborati servendosi di *personal computer*.

#### BIBLIOGRAFIA

P. Cicala, *Scienza delle costruzioni, Vol. 1 e 2*, Levrotto & Bella, Torino.

G. Faraggiana, A.M. Sassi Perino, *Applicazioni di scienza delle costruzioni*, Levrotto & Bella, Torino.

#### Affidabilità e sicurezza delle costruzioni meccaniche

Si intende introdurre l'allievo ad una visione equilibrata dei problemi della progettazione e costruzione in campo meccanico (macchine e strutture) quale compromesso fra le loro esigenze di resistenza e durata, di economia, e quelle della sicurezza degli addetti o dei loro utilizzatori.

Una parte del corso viene dedicata all'uso dei parametri di resistenza dei materiali ed alla valutazione della loro incertezza. Viene discussa la natura delle semplificazioni e delle assunzioni alla base dei calcoli di progetto più diffuso interesse industriale, mettendole in relazione con i procedimenti di qualificazione e verifica dei materiali e degli operatori. Vengono illustrati esempi di obblighi normativi riguardo alla affidabilità e sicurezza delle strutture nelle fasi di progetto, accettazione ed esercizio, illustrandone brevemente le implicazioni ai fini della responsabilità individuale.

#### PROGRAMMA

##### *Scelta dei materiali.*

Modalità di cedimento: statico, fatica, frattura; fenomenologia; modelli teorici del cedimento, sollecitazioni multiassiali e cumulate; sperimentazione su componenti e sottostrutture; problemi speciali delle saldature.

##### *Criteri di verifica.*

Stato dell'arte su modelli di calcolo; convenzioni e livelli di semplificazione conservativa; affidabilità e valutazione oggettiva della sicurezza; scelta dei coefficienti di sicurezza, normative.

##### *Applicazioni ad elementi notevoli.*

Collegamenti filettati: serraggio e fatica; saldature di testa e d'angolo; cuscinetti; alberi di trasmissione e loro collegamenti; elementi del calcolo di tubi e recipienti in pressione.

##### *Affidabilità, normative e responsabilità.*

Natura dei criteri di sicurezza; metodi di analisi previsiva; sicurezza del lavoratore: progetto, costruzione, manutenzione; accettazione, collaudi di primo impianto e verifiche programmate.

**ESERCITAZIONI.** Applicazioni dei metodi di calcolo a casi notevoli delle costruzioni ed a casi di interesse manutentivo; esempi pratici di interconnessioni tra sicurezza delle macchine, progetto e loro gestione.

**LABORATORIO.** Dimostrazioni pratiche dei principali metodi di controllo non distruttivo orientati a valutazioni di affidabilità meccanica.

**BIBLIOGRAFIA.** Dispense del corso.

## M0840      **Controlli automatici**

Anno: periodo 3:1    Lezioni, esercitazioni, laboratori: 84+56+28 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Giuseppe Menga

Il corso affronta lo studio dei modelli ed introduce le tecniche di controllo dei sistemi dinamici, con particolare riferimento ai sistemi dinamici ad eventi discreti. L'obiettivo è fornire agli studenti gli strumenti matematici e tecnici per modellare, controllare e valutare i sistemi che usualmente si incontrano nella gestione della produzione manifatturiera: a livello generale viene sviluppato il concetto di dinamica nei sistemi a tempo continuo, a tempo discreto e ad eventi discreti; a livello specifico i risultati generali sono impiegati per la valutazione delle prestazioni, nel dimensionamento delle risorse e progetto del controllo di officine flessibili di lavorazione meccanica.

### REQUISITI

Sono prerequisiti per seguire il corso:

- algebra: numeri complessi ed equazioni algebriche, spazi vettoriali, matrici, autovalori, autovettori, forma canonica di Jordan;
- analisi: serie e sviluppi in serie, funzioni di variabili reali e complesse, derivate ed integrali, equazioni differenziali ed alle differenze;
- calcolo delle probabilità: spazi di probabilità ad eventi discreti ed eventi continui.

### PROGRAMMA

#### *Sistemi dinamici.*

Sistemi dinamici a tempo continuo ed a tempo discreto: trasformata di Laplace e Z, rappresentazione di sistemi in variabili di stato, ed in funzioni di trasferimento, loro risposta nel tempo.

Sistemi dinamici ad eventi discreti, macchine a stati finiti, formalismi di specifica.

#### *Teoria delle code.*

Spazi di probabilità ad eventi discreti e continui, autonomi non deterministici, processi di Markov a tempo continuo e discreto.

Processi di nascita e morte, servizi con uno o più serventi, a capacità infinita e finita.

#### *Reti di code.*

Reti di code aperte markoviane.

Reti di code chiuse markoviane, forma prodotto. Analisi ai valori medi, famiglie diverse di clienti, approssimazioni: soluzioni in presenza di politiche di instradamento funzione dello stato.

Controllo di reti di code chiuse: bilanciamento del carico dei servizi, controllo dei rapporti dei tassi di circolazione con famiglie diverse di clienti.

Simulazione ad eventi discreti: confronti con i metodi analitici, linguaggi, caratterizzazione statistica dei risultati.

### ESERCITAZIONI

*Sistemi dinamici lineari a tempo continuo e tempo discreto.* Costruzione dei modelli in variabili di stato, ed in forma di funzione di trasferimento, risposta del sistema ad ingressi caratteristici, analisi di sistemi in catena chiusa.

*Calcolo delle probabilità.* Esempi di funzioni di densità di probabilità caratteristiche ad eventi continui e discreti, esempi di processi di nascita e morte a tempo discreto e continuo.

*Teoria delle code.* Esempi di costruzione delle macchine a stati per code markoviane a uno o più serventi, a capacità finita ed infinita. Soluzione di code chiuse con i metodi

del bilanciamento dei flussi, della forma prodotto della densità di probabilità, dell'analisi ai valori medi, esempi di controllo: bilanciamento dei carichi, gestione di famiglie diverse di clienti, dimensionamento della popolazione in reti di code chiuse.

#### LABORATORIO

*Sistemi continui.* Apprendimento all'uso di Matlab per rappresentarli e calcolarne la risposta.

*Sistemi dinamici.* Esempi di sistemi dinamici in catena aperta e chiusa con valutazione della risposta.

*Sistemi ad eventi discreti.* Apprendimento all'uso del linguaggio di simulazione ad eventi discreti G++, realizzazione di macchine a stati che modellano il comportamento di sistemi di code non markoviane; apprendimento all'uso di un programma che risolve reti di code chiuse markoviane con il metodo dell'analisi ai valori medi; modellazione di esempi di officine flessibili di lavorazione, confronti fra risultati analitici e di simulazione.

#### BIBLIOGRAFIA

Antonio Tornanbè, *Teoria dei sistemi ad eventi discreti*, CLUT.

Renato Conterno, *Controllo di sistemi di produzione* (Tesi di dottorato).

Giuseppe Menga, *Controlli automatici per ingegneria gestionale* (Ipertesto delle lezioni)

#### ESAME

Durante il corso verranno effettuate tre verifiche (sistemi continui, teoria delle code e reti di code), il superamento delle quali porta al superamento dell'esame.

Agli appelli l'esame sarà composto da una prova scritta di 3 ore sui tre argomenti degli esoneri, e da un orale. Fra coloro che hanno superato lo scritto alcuni candidati potranno, a giudizio del docente, essere esonerati dal sostenere l'orale.

## M1811 Energetica 1 + Sistemi energetici 1

(Corso integrato)

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

Docenti: Salvatore Mancò, Armando Tuberga

Nella prima parte vengono illustrati i fondamenti di termodinamica, termotecnica e trasmissione del calore, con cenni di moto dei fluidi in condotti e di termochimica. Si descrivono quindi i principali processi e impianti energetici industriali determinandone il bilancio energetico ed exergetico.

Nella seconda parte, combinando concetti di termodinamica e fluidodinamica, il corso tratta i principali sistemi di conversione dell'energia, illustrando, inoltre, i principi di funzionamento e i metodi di previsione delle prestazioni dei componenti e degli impianti per la generazione di potenza. I contenuti del corso forniscono gli strumenti minimi per compiere valutazioni tecniche appropriate riguardo ai sistemi di produzione e trasformazione dell'energia nell'industria e nei servizi.

REQUISITI. *Analisi matematica, Fisica, Chimica.*



## PROGRAMMA

### 1. *Fondamenti di energetica*

Sistemi termodinamici, trasformazioni, cicli. Primo e secondo principio della termodinamica. Proprietà termofisiche dei fluidi, equilibri di liquido e vapore saturi. Equazioni di stato di fluidi ideali e reali. Cicli diretti e inversi a gas e a vapore. Sistemi continui aperti: equazioni di conservazione della massa, della quantità di moto, dell'energia; secondo principio. Bilanci di energia, di entropia e di energia utilizzabile (exergia).

### 2. *Termodinamica di un flusso compressibile*

Stato di ristagno. Velocità del suono e numero di Mach. Studio unidimensionale e stazionario di un ugello convergente e convergente-divergente. L'equazione della quantità di moto e del momento della quantità di moto in un sistema aperto. Trasformazioni di compressione e di espansione. Rendimento della trasformazione.

### 3. *Termochimica*

Leggi di Hess e di Kirchhoff. Equilibri chimici, costante di equilibrio dissociazione. Reazioni di combustione, poteri calorifici, temperature di combustione.

### 4. *Trasmissione di calore negli impianti*

Conduzione, convezione, irraggiamento: leggi fondamentali, applicazioni semplici e complesse. Superfici primarie ed estese, scambiatori di calore a miscela e a superficie; verifica della superficie di scambio e delle perdite di pressione.

### 5. *Introduzione alle turbomacchine*

Cenni di fluidodinamica. L'equazione di Eulero per le turbo-macchine. Portata in massa di fluido. Triangoli di velocità. Coppia motrice. Lavoro massico. I rendimenti delle trasformazioni di compressione e espansione. Ugelli e diffusori. Calcolo di un ugello. Portata in massa di un ugello. Funzionamento fuori-progetto. Cono di Stodola.

### 6. *Turbomacchine*

#### Turbopompe

Classificazione. Prevalenza, potenza assorbita, rendimenti. Le turbopompe centrifughe. Moto del fluido e triangoli di velocità. Curve caratteristiche. NPSH Curve caratteristiche adimensionali. Leggi di similitudine. Numero di giri caratteristico. Turbopompe assiali. Moto del fluido e triangoli di velocità. Curve caratteristiche. Accoppiamento circuito esterno - pompa. Instabilità di funzionamento. Pompe collegate in serie e in parallelo. Pompe multistadio.

#### Turbine idrauliche

Classificazione. Caduta utilizzabile, potenza, rendimenti. Numero di giri caratteristico. Turbine ad azione e a reazione. La turbina Pelton.

#### Turbocompressori

Classificazione. Lavoro di compressione e rendimenti. Compressori centrifughi. Principio di funzionamento. Curve caratteristiche. Mappa di un compressore in coordinate adimensionate. Similitudine. Instabilità di funzionamento: pompaggio e stallo. Turbocompressori assiali. Compressori multistadio.

### 7. *Impianti di potenza*

#### Turbine a gas

Ciclo ideale. Ciclo rigenerativo. Cicli con interrefrigerazione e ricombustione. Cicli reali. Rendimento e consumo specifico di combustibile. Previsione delle prestazioni in

condizioni di progetto. Combustione e combustori. Confronto turbine a gas aeronautiche e industriali. Cicli aperti e chiusi. Impianti mono-albero e bi-albero.

Impianti a vapore

Cicli di Rankine e Hirn. Potenza, rendimento e consumo specifico di combustibile. Metodi per aumentare il rendimento degli impianti. Rigenerazione. Impianti a ricupero totale e parziale. Cicli combinati gas-vapore.

Motori alternativi a combustione interna

Confronto cicli Sabathè, Otto, e Diesel. Ciclo limite. Motori a 2 e 4 tempi. Descrizione motori a combustione interna: motori ad accensione comandata e ad accensione per compressione. Curve caratteristiche. Coefficiente di riempimento. Rendimento meccanico. Coppia e pressione media effettiva. Potenza e consumo specifico di combustibile. Caratteristica meccanica. Combustione nei motori ad accensione comandata. Caratteristica di regolazione. Detonazione. Combustibili. Emissioni e marmitta catalitica. Combustione nei motori Diesel. Caratteristica di regolazione. Combustibili. Emissioni e metodi di riduzione.

### ESERCITAZIONI

Vengono proposte agli allievi le seguenti esercitazioni, costituite da esercizi, che rispecchiano per quanto possibile la realtà, con relativi risultati. Gli esercizi vengono risolti in aula e commentati.

1. Applicazioni di termodinamica.
2. Applicazioni di fluidodinamica.
3. Applicazioni di trasmissione del calore.
4. Esercizi sulle turbomacchine.
5. Progetto di sistemi di pompaggio.
6. Previsioni delle prestazioni di turbocompressori.
7. Calcolo delle prestazioni di impianti di turbine a gas in condizioni di progetto.
8. Calcolo delle prestazioni di impianti a vapor d'acqua in condizioni di progetto.
9. Esercizi sui motori a combustione interna.

### BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Boffa, Gregorio, *Elementi di Fisica tecnica II*, Levrotto & Bella.

Appunti del docente.

Cornetti, *Macchine a fluido*, Il Capitello, Torino.

Testi ausiliari:

Doolittle, Hale, *Thermodynamics for engineers*, Wiley.

Zemanky, *Fondamenti di termodinamica per ingegneri*, Zanichelli.

Catania, *Complementi di Macchine*, Levrotto & Bella, Torino.

Cohen, *Gas turbine theory*, Longman, London.

Dixon, *Fluid mechanics, thermodynamics of turbomachinery*, Pergamon, Oxford.

White, *Fluid mechanics*, McGraw-Hill, New York.

ESAME. Esame scritto sul programma di esercitazione e di lezione.

## M1560 Economia politica

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Piercarlo Ravazzi

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. Dopo una descrizione dei problemi e degli strumenti occorrenti per decodificare un sistema economico aggregato, vengono presentate tre teorie interpretative del suo funzionamento: la scuola classica, incentrata sul problema dello sviluppo nel lungo periodo, quella neoclassica e quella keynesiana, interessate invece al problema dell'allocazione delle risorse nel breve periodo.

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

### PROGRAMMA

1. I problemi e i termini dell'economia politica. [6 ore]
2. La contabilità nazionale e finanziaria con particolare riferimento al sistema economico italiano. [20 ore]
3. I modelli di mercato e il ruolo svolto dai ritardi e dalle aspettative. [8 ore]
4. Distribuzione del reddito e sviluppo in una società divisa in classi sociali (la teoria macroeconomica classica). [10 ore]
5. Il sistema economico come interazione di operatori funzionali: la famiglia nella teoria microeconomica neoclassica e nella macroeconomia keynesiana. [14 ore]
6. Il sistema economico come interazione di operatori funzionali: l'impresa nella teoria microeconomica neoclassica e nella macroeconomia keynesiana. [20 ore]
7. Il mercato finanziario e il ruolo degli intermediari creditizi. [8 ore]
8. Dalla microeconomia neoclassica alla macroeconomia di piena occupazione: il mercato del lavoro; la teoria dell'interesse; il ruolo della politica economica. [6 ore]
9. La disoccupazione nella teoria macroeconomica keynesiana (il modello IS-LM e AS-AD). [6 ore]
10. L'economia aperta: l'equilibrio interno ed esterno con prezzi e cambi fissi e flessibili. [8 ore]

ESERCITAZIONI. Complementi inerenti l'applicazione del metodo economico ad alcuni problemi trattati nelle lezioni.

### BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Piercarlo Ravazzi, *Il sistema economico: teoria micro e macroeconomica*, la Nuova Italia Scientifica, 1993.

Sono esclusi l'appendice del cap. 4, i paragrafi 5.2 e 5.3 (fatti salvi i principali concetti), i par. 7.3 e 7.4, da 8.10 a 8.12, l'intero cap. 9 e i par. 10.4 e 10.5.

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

Testi ausiliari:

Terenzio Cozzi, *Teoria dello sviluppo economico*, il Mulino, 1979 (limitatamente ai capitoli II-III, p. 75-146);

R. Dornbusch e S. Fischer, *Macroeconomia*, il Mulino, 1988 (cap. I-XI e da XIII-XVI);

A. Koutsoyiannis, *Microeconomia*, ETAS libri, 1981 (cap. 1-5 e 11-12).

**ESAME**

Ogni appello d'esame sarà composto di due parti temporalmente distinte:

1. una parte scritta, propedeutica a quella successiva, della durata di 1 ora e comprendente 4 domande;
2. una parte orale di 2 domande, alla quale si può accedere solo se è stata superata la parte propedeutica.

## M 4550      **Ricerca operativa**

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

Docente: Maria Franca Norese (collab.: Gabriella Balestra)

Il corso intende introdurre diverse famiglie di metodi, adatti anche a problematiche diverse dalla scelta ottimale, ed analizzare utilizzi reali di strumenti della ricerca operativa in ambiti organizzativi. Il problema della modellizzazione di una situazione problematica e della validazione dei modelli, introdotto all'inizio del corso, sarà ripreso via via in relazione alle diverse famiglie di metodi.

**PROGRAMMA**

### 1. *Ruolo e compiti della ricerca operativa.*

Approcci tecnico-operativi e strumenti metodologici. Processi di decisione, di aiuto alla decisione e di modellizzazione / validazione. Metodi quantitativi di ottimizzazione

### 2. *Programmazione lineare.*

Caratteristiche generali dei modelli; condizioni di linearità; struttura di un programma lineare; modelli di produzione, assegnazione, miscelazione e trasporto, modelli multi-periodali e misti; analisi di convessità; algoritmo del simplesso matriciale; metodo del simplesso classico e revisionato e sua interpretazione geometrica ed economica; teoria della dualità; analisi postottimale e parametrica.

### 3. *Programmazione intera e mista.*

Esempi di problemi classici, famiglie principali di metodi, metodo *branch and bound*, metodo di Balas, metodo di Gomory.

### 4. *Problemi a struttura speciale.*

Metodo del trasporto classico, assegnazione e trasferimento. Analisi multicriteri.

### 5. *Approcci operativi ai problemi multiobiettivi / multicriteri.*

Teoria dell'utilità multiattributi, metodi diretti ed indiretti per calcolare funzioni di utilità, metodi di ricerca del "miglior compromesso" tra obiettivi conflittuali (famiglie principali di metodi).

### 6. *Modellizzazione multicriteri.*

Processo di modellizzazione; problematiche di scelta, ordinamento e cernita; azioni, dimensioni e criteri; famiglia coerente di criteri; soglie e tipi di criteri; pesi ed importanza relativa dei criteri; relazione di surclassamento, surclassamento deterministico e fuzzy.

### 7. *Metodi Electre.*

Caratteristiche comuni e quadro comparativo. Metodi Electre I, II, III e IV.

### 8. *Problematica di cernita e segmentazione.*

Caratteristiche generali dei metodi, metodo Moscarola e Roy, metodo *n-tomic*. Introduzione ad altre famiglie di metodi

### 9. *Ottimizzazione su grafi e reticoli.*

Concetti generali e definizioni. Metodi di ricerca di circuiti e di nucleo. Albero minimo. Cammini ottimali. Flussi in un reticolo, metodo di *max* flusso / *min* taglio.

### 10. *Tecniche euristiche.*

Concetti generali. Famiglie principali di metodi (*simulated annealing*, algoritmi genetici, *tabu search*).

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni, almeno due ore settimanali, comprenderanno esercizi relativi agli argomenti trattati a lezione, relativamente ai punti 2 [5 esercitazioni], 3 [2], 4 [1], 7 [2], 8 [2] e 9 [1].

## LABORATORIO

Sono previste esercitazioni di laboratorio informatico (presso il LEP) con presentazione ed uso di SW su almeno tre classi di metodi (punti 2 e 3, 5, 7 e 8). Per il laboratorio informatico si prevede l'articolazione in squadre e l'assistenza ai gruppi dopo le presentazioni.

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

A. Ostanello, *Appunti del corso di ricerca operativa (programmazione lineare)*, CELID, Torino, 1983.

Dispense di Ricerca operativa (a cura di A. Ostanello), disponibili presso la CELID e comprendenti *Elementi di programmazione lineare intera*, *Metodi multicriteri* e *Ottimizzazione su grafi e reticoli*.

Appunti e documenti distribuiti durante le lezioni.

Testi ausiliari:

A. Colorni, *Elementi di ricerca operativa*, Zanichelli, Bologna, 1988.

H.A. Taha, *Operations research : an introduction*, Maxwell Macmillan, 1992.

## ESAME

Nella I sessione ordinaria e nella III sessione (relativamente ad un solo appello) l'esame comprenderà:

una prova scritta (relativa agli argomenti sviluppati nelle esercitazioni) e, se superata la prima, una prova orale sugli argomenti trattati nei punti 1, 5, 6, 9 e 10. Ciascuna prova incide per circa il 50 % sul voto finale. Una raccolta di testi d'esame assegnati in passato è disponibile presso la segreteria didattica del dipartimento di Sistemi di produzione ed economia dell'azienda.

Nella II sessione ordinaria e nella III sessione (relativamente agli appelli senza scritto) l'esame sarà costituito da una prova orale su tutti gli argomenti trattati a lezione.

## M 1531 Economia ed organizzazione aziendale 1

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

Docente: Piercarlo Ravazzi

Finalità della parte economica del corso è lo studio delle forme di mercato e delle teorie dell'impresa, naturale completamento del corso di *Economia politica*.

Scopo della parte aziendale è invece l'apprendimento dei fondamenti del bilancio d'impresa e dei metodi di analisi della finanza manageriale, alla luce delle teorie esaminate nella prima parte.

Un'ultima parte del programma verte sull'organizzazione e le strategie aziendali.

**REQUISITI.** Gli strumenti di base dell'algebra e del calcolo differenziale ed i fondamenti di economia politica (microeconomia dell'impresa e dei mercati).

### PROGRAMMA

1. Forme di mercato: rendimenti di scala e funzioni di costo nel lungo periodo. [6 ore]
2. Forme di mercato: il monopolio e la concorrenza monopolistica. [4 ore]
3. Forme di mercato: l'oligopolio con e senza collusione. [4 ore]
4. La teoria manageriale dell'impresa e la critica alla teoria neoclassica: l'area finanziaria in presenza di separazione fra proprietà e controllo con asimmetrie d'informazione. [12 ore]
5. La teoria manageriale dell'impresa e la critica alla teoria neoclassica: l'area operativa in presenza di produzione a coefficienti fissi. [12 ore]
6. Metodi di analisi e simulazione finanziaria: l'analisi esterna secondo la Centrale dei bilanci. [10 ore]
7. Metodi di analisi e simulazione finanziaria: l'analisi interna mediante un Sistema Integrato Manageriale. [8 ore]

### ESERCITAZIONI

1. Cenni di contabilità generale finalizzati alla comprensione della logica sottostante alla redazione del bilancio. [8 ore]
2. Il bilancio dell'impresa: struttura civilistica e fiscale e contenuto delle voci dello stato patrimoniale, del conto economico e della nota integrativa. [20 ore]
3. Normalizzazione del bilancio aziendale per l'analisi finanziaria. [8 ore]
4. Evoluzione e progettazione dell'organizzazione aziendale. [8 ore]
5. Uno schema di decodifica delle strategie dell'impresa. [8 ore]

### BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

P. Ravazzi, dispense sulle forme di mercato, distribuite durante le lezioni.

P. Ravazzi, *Produzione e finanza nell'impresa manageriale*, il Mulino, 1990.

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

Bibliografia sulle forme di organizzazione e sulle strategie aziendali, distribuita durante le esercitazioni.

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

Testi ausiliari:

A. Koutsoyiannis, *Microeconomia*, ETAS libri, 1981 (cap. 4, 6-10).

P. Milgrom e J. Roberts, *Economia, organizzazione e management*, il Mulino, 1994.

R.M. Grant, *L'analisi strategica nella gestione aziendale*, il Mulino, 1994.

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

### ESAME

Ogni appello d'esame sarà composto di due parti temporalmente distinte:

1. una parte scritta di carattere aziendale, propedeutica a quella successiva, della durata di un'ora e comprendente 4 domande;
2. una parte orale di 2 domande di teoria economia, alla quale si può accedere solo se è stata superata la parte propedeutica.

## M5020 Sistemi integrati di produzione

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

Docente: Giuseppe Murari

La gestione di imprese industriali richiede una sempre più approfondita conoscenza dei processi di produzione che in esse sono implementati, al fine di consentirne un efficiente utilizzo e contemporaneamente ridurre quanto più possibile i costi. Il corso intende fornire un'estesa presentazione di realtà industriali, a partire da quelle dedicate a produzione meccanica per muoversi verso quelle operanti in altri settori quali il settore elettronico ed il settore delle materie plastiche. Dei processi produttivi analizzati verranno forniti modelli di semplice utilizzo nella valutazione dell'efficienza e della qualità dei processi stessi.

### PROGRAMMA

1. *Processi di produzione ed assemblaggio*. [40 % del tempo]
  - 1.1. Processi di produzione meccanica.  
Asportazione. Deformazione plastica. Giunzione. Fusione e colata.  
Metodi non convenzionali (cenni).
  - 1.2. Processi di produzione di materie plastiche.
  - 1.3. Processi di assemblaggio.
2. *Sistemi di produzione ed assemblaggio*. [40 % del tempo]
  - 2.1. Classificazione e modellizzazione di sistemi produttivi.
  - 2.2. Progettazione del ciclo produttivo.  
(Applicazione di tecniche di *group technology* in sistemi di lavorazione meccanica e di assemblaggio elettronico).
  - 2.3. Analisi dei flussi di produzione.  
(Applicazione di tecniche di *production flow analysis*).
  - 2.4. Bilanciamento di sistemi di assemblaggio.
3. *Introduzione alle problematiche di integrazione nei sistemi produttivi*. [20 % del tempo]
  - 3.1. Integrazione mediante il sistema logistico.
  - 3.2. Integrazione mediante il sistema di programmazione della produzione.

### ESERCITAZIONI

Data la tipicità del corso, organizzato come introduzione a diversi tipi di processi industriali, le esercitazioni verranno dedicate ad approfondire i modelli logici e matematici che meglio si adattano alla descrizione dei processi suddetti ed alla loro validazione.

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Appunti forniti dal Docente.

Testi ausiliari:

L. Alting, *Manufacturing engineering processes*, Dekker, 1982.

A. Kusuak, *Intelligent manufacturing systems*, Prentice-Hall, 1990.

## ESAME

L'esame, scritto ed orale, sarà dedicato all'analisi ed utilizzo di modelli di processi produttivi discussi nell'ambito del corso, ed in esso l'allievo dovrà spiegare le motivazioni che giustificano l'uso di particolari modelli ai fini di gestire – valutare – progettare il sistema o processo produttivo analizzato.

La valutazione conseguirà all'analisi dell'adeguatezza delle risposte dell'allievo rispetto a quanto discusso, sugli stessi problemi richiesti nelle suddette domande, durante il corso e contenuto negli appunti forniti.

## M 1532 Economia ed organizzazione aziendale 2

Anno/periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali); 52+52 (nell'intero periodo)

Docente: Sergio Rossetto

Finalità del corso è fornire agli allievi nozioni complementari a quelle loro impartite in *Economia politica* ed in *Economia e organizzazione aziendale 1*. I temi trattati riguardano la contabilità generale ed il suo raccordo al bilancio, la contabilità analitica con l'analisi dei costi ed il raccordo con la contabilità generale, l'analisi degli investimenti in beni reali, i modelli previsionali. Il corso fornisce anche le nozioni di base per una lettura critica dei bilanci delle imprese di servizi.

REQUISITI. *Economia politica* ed *Economia e organizzazione aziendale 1*.

## PROGRAMMA

1. Impresa e mercato, strutture proprietarie e strutture organizzative. [4 ore]
2. Previsioni come elemento decisionale: [12 ore]  
costruzione dei modelli previsionali (metodi regressivi, medie mobili, logistiche).
3. Richiami sul bilancio: [4 ore]  
stato patrimoniale, conto economico, nota integrativa.
4. Contabilità generale: [16 ore]  
piano dei conti, scritture contabili, chiusura e riapertura dei conti.
5. Analisi degli investimenti: [16 ore]  
teoria del risparmio e degli investimenti,  
flusso di cassa e valore attuale,  
tasso di sconto (teoria del portafoglio),  
indici classici (PR, ROI, VAN, IRR, PI, RAE, CAE),  
interazioni tra fonti e impieghi.

## ESERCITAZIONI

1. Contabilità analitica: [12 ore]  
costi aziendali, centri di costo e profitto, costi *standard*;  
raccordo alla contabilità generale.
2. *Budget*. [4 ore]
3. Costruzione di modelli previsionali sulla base di dati storici. [12 ore]



4. Analisi di bilanci di istituti di credito. [12 ore]
5. Valutazioni di proposte di investimento. [12 ore]

#### ATTIVITÀ SEMINARIALI

Gestione del personale. [16 ore]

#### BIBLIOGRAFIA

- R. Brealey e S. Myers, *Principi di finanza aziendale*, McGraw-Hill Italia, 1990.  
 M. Calderini, E. Paolucci, T. Valletti, *Economia ed organizzazione aziendale*, UTET, 1994.  
 Coopers & Lybrand (a cura di R. Caramel), *Il bilancio delle imprese*, Il Sole 24 ORE Libri, 1993.  
 G. Costa, *Economia d'impresa e gestione delle risorse umane*, UTET, 1991.  
 C.T. Horngren e G. Foster, *Cost accounting*, Prentice-Hall, 1993.

## M4960 Sistemi elettrici industriali

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

Docente: Federico Piglione

Il corso si propone di fornire allo studente gli aspetti essenziali della progettazione e gestione dei sistemi elettrici in ambito industriale. Dopo alcuni richiami di elettrotecnica e macchine elettriche, vengono illustrate le principali problematiche attinenti alla produzione e trasmissione dell'energia elettrica. Successivamente vengono trattati i fondamenti degli impianti di distribuzione elettrica in media e bassa tensione, con particolare riferimento ai problemi della sicurezza elettrica ed agli aspetti economici e normativi.

REQUISITI. *Elettrotecnica, Elettronica applicata* (M1795 o altro corso equivalente).

#### PROGRAMMA

##### *Parte I. Richiami di elettrotecnica e macchine elettriche.*

Brevi richiami sui principali argomenti di elettrotecnica e macchine elettriche necessari per la comprensione del corso. [6 ore]

##### *Parte II. Generalità sul sistema di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. Centrali, linee di trasmissione, stazioni e cabine. Apparecchiature di manovra e protezione.*

Generalità sul sistema di produzione e trasmissione dell'energia elettrica. Fornitura di potenza e energia. Pianificazione e previsione del carico. Diagramma di carico e sua copertura. Cenni sulle centrali di produzione: idrauliche e di pompaggio, termiche, nucleari. Gruppi turbogas e Diesel. Centrali geotermoelettriche. Fonti alternative: eoliche, solari, a marea. [6 ore]

Strategie di regolazione delle reti di trasmissione. Cenni sulle equazioni di *load-flow*. Regolazione frequenza-potenza. Il problema della regolazione della tensione. Lo stato del neutro. [10 ore]

Definizione di AT, MT e BT. Cenni sulla rete di trasmissione e subtrasmissione. Stazioni primarie e cabine primarie. Rete di distribuzione MT e BT. Cenni sullo stato del neutro. Cenni costruttivi sulle linee AT, MT, e BT. [2 ore]

Interruzione dell'arco elettrico: componente di regime e transitoria. Requisiti di un

interruttore. Tipologie di interruttori: olio ridotto, SF<sub>6</sub>, aria compressa, deion, in vuoto. Sezionatori e interruttori di manovra. Relè: tipi e impieghi. [3 ore]

Sovratensioni di manovra e atmosferiche. Scaricatori. Coordinamento dell'isolamento. [1 ora]

Impianti di terra. Fenomeno del passaggio della corrente elettrica nel terreno. Cenni costruttivi sui dispersori. Corrente di terra e tensione totale di terra. Tensione di passo e di contatto. Misura della resistenza di terra nei sistemi di II e III categoria. Impianto di terra nelle stazioni elettriche. [3 ore]

*Parte III. Fondamenti di sicurezza elettrica. Protezioni contro i contatti diretti e indiretti. Normativa antinfortunistica.*

Sicurezza elettrica. Elettrocuzione. Curve di pericolosità della corrente. Resistenza del corpo umano. Limiti di tensione sopportabile secondo norma CEI 64-8. [2 ore]

Classificazione dei sistemi elettrici in base alla tensione (CEI 64-8 e DPR 547). Definizioni di massa e massa estranea. Contatto diretto e indiretto. Sistemi di distribuzione TT, TN e IT. [2 ore]

Protezione contro i contatti diretti. Ostacoli e allontanamento. Involucri e grado di protezione IP. Isolamento. Sezionamento. Interruttore differenziale e suo principio di funzionamento. Impiego dell'interruttore differenziale nella protezione contro i contatti diretti. Protezione per limitazione di corrente. Protezione contro le scariche capacitive. Sistemi SELV, PELV e FELV. [4 ore]

Protezione contro i contatti indiretti. Protezione nei sistemi TT. Coordinamento con interruttore differenziale. Protezione nei sistemi TN. Protezione nei sistemi IT. [4 ore]

Protezione senza interruzione automatica del circuito. Classi di isolamento e apparecchi in classe II. Sistemi a separazione elettrica. Locali isolanti. Locali equipotenziali. [2 ore]

Cenni sulla protezione contro i pericoli di incendio di natura elettrica. [2 ore]

*Parte IV. Progetto dei sistemi di distribuzione dell'energia elettrica negli stabilimenti industriali. Valutazione dei fabbisogni elettrici. Schemi di distribuzione. Cabine di trasformazione. Dimensionamento delle condutture e delle protezioni. Quadri elettrici Componenti elettrici. Cenni sulla realizzazione degli impianti di terra.*

Progetto di un impianto elettrico industriale. Diagramma di flusso delle operazioni di progetto. Criteri relativi a: tensione di alimentazione, schema di distribuzione, affidabilità, costi, regola d'arte. Valutazione dei fabbisogni: fattori di contemporaneità e di utilizzazione. Valori medi di carico per unità di superficie. [2 ore]

Schemi di distribuzione in impianti industriali. Schemi in MT: radiale semplice, radiale doppio, doppia sbarra, anello. Schemi in BT: radiale semplice, radiale doppio, trasformatore di riserva a n trasformatori. Criteri di scelta della tensione di alimentazione e di distribuzione. [4 ore]

Cabine elettriche. Schema generale. Cabina a un solo trasformatore. Cabina a due trasformatori con sbarre congiunte o uniche. Dati sui componenti di cabina: sezionatori, interruttori, fusibili, condotti, sbarre, trasformatori. Impianto di terra. Cabine a giorno e prefabbricate. [4 ore]

Correnti di impiego e sovracorrenti. Inserzione di un trasformatore. Avviamento di un motore asincrono. Inserzione di banchi di condensatori. Forni elettrici. Correnti di corto circuito. Contributo di alternatori e motori asincroni. Contributo dei banchi di condensatori. Tipologie di guasto e formule di calcolo relative. Guasti franco trifase, fase-terra, fase-fase. Cenni sul calcolo con i componenti simmetrici. [5 ore]

Tipologia delle condutture. Sbarre collettrici. Cavi: struttura e modalità di posa. Sigle dei cavi. Determinazione della sezione: criterio della portata e criterio della caduta di tensione. Esempio con uso delle tabelle. Pericolo d'incendio nell'uso dei cavi. Blindo-

sbarra, blindotrolley e isolsbarra. Criteri di scelta tra blindosbarre e cavi. [4 ore]  
 Criteri generali sulla protezione delle linee. Protezione amperometrica. Problema dell'energia passante. Curve  $I^2t$  di cavi, interruttori e fusibili. Confronto delle curve  $I^2t$  di interruttore e cavo. Interruttori con caratteristiche U, L, D. Selettività totale e parziale. Selettività amperometrica e cronometrica. Protezione serie. Illustrazione cataloghi protezioni ed esempi pratici. [6 ore]

Componenti elettrici nei sistemi BT. Contattori. Generalità sui quadri elettrici. Quadri aperti, a giorno, protetti, metallici e isolanti, blindati. [4 ore]

Impianti di illuminazione. [2 ore]

Impianti di terra nei sistemi di I categoria. [2 ore]

*Parte V. Contratti di fornitura dell'energia elettrica. Misura e tariffazione. Rifasamento. Autoproduzione. Valutazione dei costi delle opere elettriche.*

Tariffazione elettrica e cenni storici. Funzionamento del contatore a induzione. Tariffa binomia. Sistemi tariffari ENEL: unico e multiorario. Criteri da adottare nei contratti di fornitura. Penalità per basso fattore di potenza. Rifasamento in ambito industriale. Disposizione centralizzata e distribuita. [4 ore]

Autoproduzione. Criteri economici e tecnici. Normativa. [4 ore]

Cenni sulla valutazione dei costi delle opere elettriche. [2 ore]

#### ESERCITAZIONI

Esercizi di calcolo e applicazione degli argomenti trattati nelle lezioni. Esercitazioni al calcolatore con impiego di programmi per il dimensionamento di impianti elettrici in BT. Visite ad installazioni elettriche in stabilimenti industriali. [20 ore]

#### BIBLIOGRAFIA

G. Conte, *Impianti elettrici*, (2. ed.), Hoepli, Milano.

S. Gallabresi, *Impianti elettrici industriali*, Delfino, Milano.

V. Cataliotti, *Impianti elettrici. Vol. III*, Flaccovio, Palermo.

#### ESAME

L'esame consiste in una prova scritta, della durata di 3 ore, che ha luogo nella data dell'appello. La prova scritta verte sull'intero programma del corso e unisce domande di teoria a qualche semplice esercizio di dimensionamento. Per ovvi motivi non è ammessa la consultazione di libri di testo o appunti. La prova scritta consente di ottenere un punteggio massimo di 27/30 che può essere accettato come voto finale dell'esame. In alternativa, coloro che superato la prova scritta con un punteggio minimo di 24/30 possono optare per una successiva prova orale (nuovamente sull'intero programma del corso) che consente di ottenere votazioni superiori. In questo secondo caso il punteggio ottenuto nella prova scritta non è garantito come voto minimo finale. È inoltre possibile, con modalità da concordarsi, lo svolgimento di tesine monografiche che, pur non esonerando minimamente dalle prove ufficiali, verranno tenute in considerazione nella valutazione finale.

Per motivi organizzativi è necessario prenotarsi alla prova scritta almeno tre giorni prima scrivendo il proprio nominativo nell'apposito elenco presso il Dipartimento di Ingegneria elettrica industriale. Occorre inoltre presentarsi alla prova scritta muniti di statino e documento di riconoscimento. Le eventuali prove orali hanno luogo in date successivamente concordate.

## M2720    **Impianti industriali**

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

Docente: Francesco Spirito

Scopo: far conoscere i principali problemi attinenti agli impianti industriali con i quali gli ingegneri vengono a contatto durante la loro attività professionale e fornire i criteri di progettazione e di gestione degli impianti stessi.

REQUISITI. Si richiedono conoscenze di statistica e di ricerca operativa.

### PROGRAMMA

#### 1. *Generalità.* [8 ore]

Caratteristiche di un impianto industriale. Ubicazione di un impianto industriale. Studio del *plant layout*. Magazzini industriali. Sistemi costruttivi fabbricati industriali. Coperture e pareti (illuminazione naturale, acclimazione).

#### 2. *Trasporti interni.* [15 ore]

Carrelli, paranchi, argani, carroponti, gru, trasportatori a rulli e a nastro, elevatori a tazze, convogliatori aerei e a carrelli, trasportatori a catena e pneumatici.

#### 3. *Impianti di distribuzione dell'acqua.* [9 ore]

Derivazione da acquedotto e da acque superficiali. Pozzi a percussione, a drenaggio artificiale, a rotazione (a circolazione diretta e inversa). Pompe per acqua. Progettazione delle reti di distribuzione. Reti: metodo diametro economico e metodo massima economia.

#### 4. *Impianti e dispositivi antincendio.* [5 ore]

Classificazione e cinetica degli incendi. Carico di incendio. Segnalazione degli incendi. Mezzi antincendio mobili. Impianti antincendio fissi.

#### 5. *Impianti aria compressa.* [4 ore]

Compressori. Refrigeratori finali. Reti di distribuzione.

#### 6. *Impianti elettrici e di illuminazione.* [4 ore]

Fornitura energia elettrica. Linee di trasporto e di distribuzione. Trasformatori. Cavi e linee blindate. Scelta corpi illuminanti. Illuminazione ambiente di lavoro.

#### 7. *Impianti di aspirazione e di depurazione.* [4 ore]

Analisi delle polluzioni. Normativa inquinamenti atmosferici. Caratteristiche delle cappe. Impianti di depurazione a secco e a umido. Depurazione odori. Abbattimento di gas e vapori.

#### 8. *Inquinamento e trattamento acque.* [10 ore]

Impurezze delle acque di scarico. Metodi di valutazione dell'inquinamento. Trattamenti delle acque primarie. Trattamenti delle acque reflue. Fanghi: generalità. Trattamenti fisici, chimici e biologici. Trattamenti meccanici, termici.

#### 9. *Inquinamento da rumore.* [7 ore]

Caratteristiche del suono. Campi sonori. Normativa sul rumore. Silenziatori. Interventi per ridurre il rumore industriale.

#### 10. *Applicazioni di programmazione lineare e statistica.* [9 ore]

Metodo dei trasporti. Regola della torre. Teoria del campione. Ricerche di mercato. Modelli teorici delle code. Metodo Monte Carlo. Metodo osservazioni istantanee.

**ESERCITAZIONI**

– Progetto *layout* di stabilimento. [15 ore]

Dati e obiettivi. Cicli e produzione. Dimensionamento magazzini. Studio *layout* macchine: verifica soluzione con più metodi. Valutazione economica.

– Applicazioni ed esercizi di:

Monte Carlo. [2 ore]

Ricerche di mercato. [2 ore]

Osservazioni istantanee. [2 ore]

Metodo dei trasporti. [4 ore]

**BIBLIOGRAFIA**

A. Monte, *Elementi di impianti industriali*, Cortina, Torino.

**ESAME**

L'esame si articola in due parti: una prova scritta e una prova orale.

La prova scritta comprende argomenti di teoria ed esercizi di calcolo. Il raggiungimento di una valutazione sufficiente è essenziale per l'ammissione all'orale. Lo studente è guidato nella valutazione dell'elaborato da un peso assegnato ad ogni singolo esercizio. La parte fiscale dell'esame (consegna dello statino) ha inizio al momento in cui l'allievo consegna l'elaborato: pertanto è data ampia facoltà allo studente di ritirarsi in qualunque momento durante la prova scritta.

La prova orale inizia con la discussione dell'elaborato e prosegue con un colloquio che può toccare argomenti dell'intero programma del corso.

**M2460 Gestione industriale della qualità**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Fausto Galetto

Scopo del corso è

fornire le nozioni fondamentali riguardanti le idee, i metodi di gestione e le tecniche usate nelle aziende industriali per realizzare la qualità;

consentire di leggere scientificamente le sempre più numerose pubblicazioni;

affrontare in modo scientifico e manageriale le decisioni, i problemi, la prevenzione.

**REQUISITI.** Matematica elementare, *Probabilità, statistica e processi stocastici*.

**PROGRAMMA**

(Lezioni ed esercitazioni sono interagenti)

Il cliente, l'azienda e la qualità.

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

I tetraedri della competitività, della gestione, del *manager razionale*.

Il circolo vizioso della disqualità. La matrice della conoscenza. I principi fondamentali della qualità. La *profound knowledge*.

Le tre identità della qualità.

L'approccio scientifico. Il fattore CP. MBITE (*management by if then else*).

La qualità nello sviluppo dei prodotti: obiettivi, verifiche, le tecniche usate, la crescita della qualità. Le dieci aree chiave. Prevenzione e miglioramento: si propongono obiettivi diversi; necessitano di tecniche diverse di metodi di gestione diversi.

*Concurrent engineering. Quality function deployment.*

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

Prevenzione dei guasti: affidabilità ed i concetti fondamentali, le prove di affidabilità, la progettazione degli esperimenti. Incongruenze dei metodi bayesiani.

DOE (*design of experiments*): il Metodo G. Piani fattoriali completi e ridotti. Le errate metodologie alternative (incongruenza dei metodi Taguchi). Strumenti per il miglioramento della qualità.

Qualità durante il processo produttivo: significato ed uso delle carte di controllo, indici di *capability*. Qualificazione dei fornitori.

Certificazione delle aziende: le norme ISO, UNI; opportunità e rischi. I costi della disqualità: una miniera d'oro.

Organizzazione per la qualità: le responsabilità del *top management*. La qualità del *manager*, dei metodi, delle decisioni.

Si farà costante riferimento a casi reali aziendali. Saranno analizzate le pubblicazioni più recenti per verificare la loro adeguatezza ai concetti sviluppati nel corso.

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

W.E. Deming, *Out of the crisis*.

F. Galetto, copie di relazioni presentate ai vari convegni sulla qualità (nazionali ed internazionali).

F. Galetto, *Affidabilità. Vol. 1*, CLEUP.

F. Galetto, *Affidabilità. Vol. 2*, CLEUP.

Testi assolutamente sconsigliati:

Tutte le traduzioni di libri in lingua inglese, in modo particolare

W.E. Deming, *L'impresa di qualità* (ed. ISEDI ed ISVOR-FIAT), traduzione balorda che stravolge completamente il pensiero di Deming sulla qualità, come invece è chiaramente espresso nel libro *Out of the crisis*.

C. Kennedy, *I guru del management*, per le stesse ragioni.

## ESAME

Prova scritta (2-3 ore, sono consentiti libri, manuali, appunti): decisioni su situazioni che si incontrano nelle aziende, analisi di documenti pubblicati sulla stampa tecnica, individuazione di soluzioni poco scientifiche.

Prova orale (0.5-1 ora; vi si accede avendo superato la prova scritta, il voto dello scritto non avrà influenze sul voto finale): discussione sugli argomenti trattati a lezione, discussione su documenti pubblicati, esposizione di argomenti a scelta del candidato.

## M3730 Modelli funzionali per l'industria meccanica

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: Franco Lombardi

La gestione efficace di un processo produttivo richiede la disponibilità di modelli accurati del processo stesso, tali da descrivere sia i modi operativi dei componenti fisici (centri di lavorazione ed assemblaggio, rete di movimentazione, sistemi di monitoraggio) sia scambi ed utilizzi d'informazione dei componenti preposti alla gestione (unità di controllo di celle, isole, reparti). Pertanto, il corso si propone di analizzare modelli di due tipi: *a*) modelli dedicati al monitoraggio e controllo di componenti di un processo produttivo; *b*) modelli dedicati all'organizzazione di flussi produttivi ed informativi entro un sistema di produzione. Obiettivo del corso è mettere l'allievo in grado di selezionare lo strumento modellistico più opportuno nei due tipi di applicazioni menzionate.

## PROGRAMMA

Il corso è organizzato nelle parti seguenti:

- a) formulazione ed analisi di modelli dedicati al controllo di componenti fisici di un impianto produttivo, ovvero modelli atti a descrivere il funzionamento del processo di produzione che il componente è richiesto di eseguire; tale formulazione dovrà condurre a modelli di tipo analitico così da consentire il dimensionamento dei parametri di processo e il progetto del sistema di controllo del processo stesso;
- b) formulazione ed analisi di modelli dedicati all'organizzazione di un sistema di produzione, ovvero modelli atti a descrivere reti di flussi, sia produttivi che informativi; tale formulazione dovrà condurre a modelli di tipo sia descrittivo che prescrittivo, tali da consentire l'ottimizzazione di strategie di gestione del sistema.

In tale ottica il corso viene sviluppato come il naturale completamento degli insegnamenti costituenti l'orientamento *Produzione*, dei quali il corso applica i contenuti metodologici ed utilizza strumenti e tecniche nella soluzione di problemi di progettazione congiunta di prodotto e di sistema produttivo.

### *Parte 1. Modelli dedicati al controllo di processo.*

Modelli analitici.

Modelli di processi di lavorazione.

Modelli di processi di prototipizzazione.

Modelli descrittivi (a tempo discreto).

Modelli di processi di assemblaggio.

Modelli di sistemi di movimentazione e stoccaggio.

### *Parte 2. Modelli dedicati alla gestione di sistema.*

Modelli descrittivi (ad eventi discreti).

Modelli di processi produttivi a rete.

Modelli di magazzini.

Modelli prescrittivi.

Modelli di gestione *stock*.

Modelli di gestione inventari di reparto.

**ESERCITAZIONI.** Saranno dedicate all'utilizzo dei modelli di processi e sistemi di produzione, al fine di esplorarne le opportunità di impiego in azienda.

**LABORATORIO.** Esercitazioni sull'uso di programmi *software* per la simulazione di sistemi di produzione.

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Appunti forniti dal docente.

Testi ausiliari:

G. Chrysolouris, *Manufacturing systems : theory and practice*, Springer, 1992.

A. Kusiak, *Intelligent manufacturing systems*, Prentice-Hall, 1990.

## ESAME

L'esame sarà organizzato in due fasi: accertamento scritto dedicato all'utilizzo di un modello, analizzato durante il corso, per il controllo oppure la gestione di un processo di produzione; interrogazione dedicata ad accertare la capacità dell'allievo a selezionare un opportuno modello per affrontare un problema di controllo o di gestione specificato dal docente. Ad ogni fase d'esame corrisponderà una valutazione delle risposte fornite dall'allievo e dalle risultanze delle due deriverà il voto finale.

## M2370 Gestione dei progetti di impianto

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

Docente: Armando Monte (collab.: Carlo Rafele)

La gestione dei progetti o *project management* consiste prevalentemente nella programmazione e nel controllo di tutte le attività richieste per l'esecuzione di lavori o commesse caratterizzati da precisi obiettivi di tempo, costo e qualità. Tale gestione presuppone un efficace lavoro di gruppo ed una buona conoscenza di alcuni aspetti fondamentali dei progetti: da quelli teorico-organizzativi a quelli economici e contrattualistici. Il corso si propone di dare una visione complessiva di tali aspetti del *project management* relativamente a lavori impiantistici.

### PROGRAMMA

Fattori che influenzano la realizzazione di un impianto industriale. [4 ore]

La progettazione degli impianti industriali. [4 ore]

La figura ed i compiti del *project manager*. [2 ore]

Il *project management* nelle aziende che operano a commessa. [2 ore]

Esempi di progetti impiantistici. [2 ore]

Fasi di sviluppo delle commesse: progettazione, approvvigionamenti, costruzioni, montaggi, collaudi. [4 ore]

Modelli organizzativi delle società che gestiscono progetti. [2 ore]

Studi di fattibilità; tecniche di preventivazione; valutazione delle offerte. [2 ore]

La programmazione del progetto. [4 ore]

Misura degli avanzamenti e tecniche di controllo: tempi, costi, qualità. [6 ore]

Il supporto del *personal computer*. [2 ore]

Aspetti economico-finanziari: bilancio e controllo delle commesse; forme di finanziamento e di pagamento. [6 ore]

Principi di contrattualistica; raggruppamenti di imprese; tipi di contratti e relativa gestione. [4 ore]

Rischi e coperture assicurative. [4 ore]

Modalità di assegnazione e di gestione delle opere pubbliche. [6 ore]

ESERCITAZIONI. Esempi applicativi relativi alla progettazione ed alla realizzazione di impianti industriali.

### BIBLIOGRAFIA

R.D. Archibald, *Project management*, Angeli, Milano.

*Lezioni di project management*, ETAS Libri, Milano.

Documentazione distribuita a lezione.



# Programmi degli insegnamenti

(insegnamenti d'orientamento)

I programmi sono riportati in ordine alfabetico di titolo. Al termine del volume (p. 77) le tavole alfabetiche generali, per nomi dei docenti e per titoli degli insegnamenti.

## M1490 Economia dell'impresa

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali); 78+26 (nell'intero periodo)  
Docente: Luigi Buzzacchi

Il corso si propone, nella prima parte, di descrivere e modellizzare il comportamento strategico dei soggetti economici attraverso gli strumenti metodologici propri della teoria dei giochi e dell'economia dell'informazione. La seconda parte è dedicata all'approfondimento delle moderne teorie dell'impresa finalizzate allo studio dell'organizzazione industriale, dei processi di diffusione e delle innovazioni tecnologiche e di alcuni elementi di politica economica.

**REQUISITI.** Vengono considerati come propedeutici gli argomenti trattati nei corsi di *Economia politica* e di *Economia ed organizzazione aziendale I e 2*.

### PROGRAMMA

#### *Teoria dei giochi ed informazione.*

Introduzione alla teoria dei giochi, concetti di equilibrio e struttura informativa. Strategie miste e continue.

Giochi dinamici con simmetria informative e con asimmetria informativa.

Asimmetrie informative *ex ante* ed *ex post*: problemi di azzardo morale e selezione avversa con alcune applicazioni ai mercati assicurativi.

Contratti ottimi, segnalazione e screening ed i modelli principale - agente.

#### *Teoria dell'impresa ed organizzazione industriale.*

Organizzazione economica ed efficienza. L'approccio dell'economia transazionale.

I confini dell'impresa: struttura interna e relazione verticali.

Analisi dei mercati oligopolistici: politiche di prezzo, strategie di differenziazione di prodotto e di localizzazione.

Economia del progresso tecnico e diffusione delle innovazioni tecnologiche.

Elementi di politica industriale.

### ESERCITAZIONI

Applicazioni dei metodi quantitativi alla soluzione di problemi economici.

### BIBLIOGRAFIA

E. Rasmusen, *Games and information*, Blackwell, 1989.

P. Milgrom, J. Roberts, *Economics, organization and management*, Prentice-Hall, 1992.

J. Tirole, *The theory of industrial organization*, MIT Press, 1988.

## M 1500 **Economia e gestione dei servizi**

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

Docente: Luigi Buzzacchi

Il corso si propone di analizzare alcune situazioni tipiche in cui si verificano fallimenti del mercato in assenza di interventi appropriati. Nella prima parte vengono toccate tematiche proprie dell'economia pubblica (beni pubblici, esternalità, problema del *free rider*, distorsioni causate da tassazioni di beni particolari). Nella seconda parte si considera la regolamentazione di imprese pubbliche e di imprese private che forniscono servizi di pubblica utilità (acqua, energia elettrica, gas, telecomunicazioni). Il corso si avvale di strumenti avanzati di analisi formale.

REQUISITI. *Economia politica e Organizzazione aziendale 1.*

### PROGRAMMA

1. Le teorie normative dell'intervento pubblico: efficienza paretiana ed economia del benessere. Definizione e condizioni di ottima offerta dei beni pubblici. [10 ore]
2. L'impresa pubblica: regole di comportamento e tariffe. [30 ore]
3. Privatizzazioni e regolamentazione di imprese di pubblica utilità. [30 ore]

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni comprendono:

1. approfondimento delle tematiche impostate nelle lezioni ed applicazione dei metodi trattati; [15 ore]
2. studio di un caso desunto dalla realtà nazionale ed internazionale: il settore delle telecomunicazioni. [20 ore]

### BIBLIOGRAFIA

J. Laffont e J. Tirole, *A theory of incentives in procurement and regulation*. – Cambridge (Mass.) : MIT Press, 1992.

A. Petretto, *Manuale di economia pubblica*. – Bologna : il Mulino, 1989.

J. Tirole, *Organizzazione industriale*. – Milano : Hoepli, 1989.

J. Vickers e G. Yarrow, *Privatizations*. – Cambridge (Mass.) : MIT Press, 1988.

Dispense distribuite in aula dal docente.

## M 1812 **Energetica 2 + Sistemi energetici 2**

(Corso integrato, ridotto)

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

Docenti: Salvatore Mancò, Armando Tuberga

Nella prima parte del corso si sviluppano i temi propri dell'energetica industriale, considerando le fonti, il trasporto, l'utilizzo e l'impatto ambientale dell'energia. Nella seconda parte del corso, che è un'estensione di *Sistemi energetici 1*, si approfondisce lo studio dei principali sistemi di conversione dell'energia e relativi componenti, con particolare riguardo alle prestazioni fuori-progetto degli impianti di potenza. Il corso completa la

preparazione di base degli allievi per affrontare le tematiche specifiche dell'orientamento *Servizi energetici*.

REQUISITI. *Energetica 1 + Sistemi energetici 1*.

## PROGRAMMA

### 1. *Fonti energetiche.*

Risorse primarie. Fonti rinnovabili e non rinnovabili, inesauribili: consistenza e utilizzabilità; situazione italiana e mondiale.

### 2. *Trasporto e utilizzo dell'energia.*

Trasformazione, trasporto e utilizzo dell'energia. Impianti energetici, classificazioni, tipi fondamentali; componenti, caratteristiche funzionali, modelli. Analisi termoeconomica degli impianti. Efficienza di primo e secondo principio. Criteri di ottimizzazione energetica.

### 3. *Problemi ambientali.*

Valutazioni di impatto ambientale. Tecniche e metodi generali per le analisi. Modelli di diffusione e tecniche di controllo delle emissioni di inquinanti nell'atmosfera.

### 4. *Turbine idrauliche.*

Turbine Pelton, Francis e Kaplan. Cavitazione. Macchine reversibili. Miniturbine.

### 5. *Impianti a vapore.*

Turbine assiali ad azione e a reazione. Turbine radiali. Prestazioni di una turbina in condizioni di progetto e fuori-progetto. Diagrammi caratteristici. Cono dei consumi. Regolazione degli impianti a vapore. Laminazione, parzializzazione, regolazione degli impianti a contropressione e ad estrazione. Condensatori, scambiatori di calore rigenerativi.

### 6. *Impianti di turbine a gas.*

Cicli complessi. Confronto turbine a gas - turbine a vapore. Compressori assiali. Prestazioni fuori progetto e regolazione degli impianti.

### 7. *Motori alternativi a combustione interna.*

Sovralimentazione. Prestazioni dei motori a combustione interna. Piano quotato dei consumi. Impianti ausiliari: lubrificazione, raffreddamento. Inquinanti e normativa antinquinamento.

### 8. *Compressori volumetrici.*

Compressori a stantuffo. Funzionamento e prestazioni. Compressori multistadio. Regolazione. Compressori rotativi.

### 9. *Tecniche di misura dei flussi energetici.*

Trasduttori per la misura di temperatura, pressione, portata, coppia, velocità. Strumenti per la misura degli inquinanti nelle emissioni dei sistemi a combustione.

## ESERCITAZIONI

Vengono proposte agli allievi esercitazioni numeriche per la previsione delle prestazioni in condizioni di progetto e fuori progetto di impianti per la produzione di energia elettrica e/o calore.

LABORATORIO. Misura dei flussi di energia in un motore a combustione interna.

**BIBLIOGRAFIA**

Testi ausiliari:

Boffa, Gregori, *Elementi di Fisica tecnica II*, Levrotto & Bella.

Appunti del docente.

Cornetti, *Macchine a fluido*, Il Capitello, Torino.

Testi di riferimento:

Eastop, *Energy efficiency*, Wiley.Brown, *Energy analysis of 108 industrial processes*, Fairmont.Catania, *Complementi di Macchine*, Levrotto & Bella, Torino.Cohen, *Gas turbine theory*, Longman, London.Dixon, *Fluid mechanics, thermodynamics of turbomachinery*, Pergamon, Oxford.White, *Fluid mechanics*, McGraw-Hill, New York.**M2380 Gestione dei servizi energetici**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: *da nominare*

Scopo del corso è quello di consentire agli allievi di acquisire la capacità di analizzare i sistemi di utilizzazione dell'energia, nelle sue varie forme, in relazione agli usi finali, civili ed industriali, e di definire le modalità di gestione tecnico-economica ai fini dell'impiego razionale dell'energia, della compatibilità ambientale e del contenimento della spesa energetica. Particolare attenzione è dedicata alle normative cogenti e consensuali che regolano il settore in termini sia tecnici che contrattuali.

**REQUISITI.** *Energetica 1 + Sistemi energetici 1, Energetica 2 + Sistemi energetici 2, Sistemi elettrici industriali, Impianti per la cogenerazione e il risparmio energetico, Impianti termotecnici.*

**PROGRAMMA**

1. Usi finali dell'energia nei settori civile ed industriale: i sistemi energetici delle società industriali avanzate e delle società agricole, gli usi finali dell'energia nel mondo ed in Italia, l'impatto ambientale delle trasformazioni energetiche.
2. Obiettivi tecnici della gestione dell'energia: risparmio energetico, uso razionale dell'energia, compatibilità ambientale.
3. Obiettivi economici della gestione dell'energia: il contenimento dei costi relativi all'acquisto delle fonti energetiche primarie ed alla conduzione e manutenzione dei sistemi utilizzatori dell'energia.
4. Modalità tecniche della gestione dell'energia: monitoraggio dei sistemi energetici, contabilizzazione dei consumi energetici, controllo e conduzione per via telematica, piani di manutenzione programmata.
5. Modalità contrattuali della gestione dell'energia: gestione diretta da parte dell'utente finale e gestione affidata a terzi responsabili, tipologia dei contratti utente – fornitore di energia primaria e utente – terzo responsabile.
6. Studi di fattibilità tecnico-economici orientati alla modifica delle modalità tecniche e contrattuali di gestione dell'energia.
7. Elementi di garanzia della qualità nel settore dei servizi energetici.
8. Certificazioni energetiche di componenti e sistemi.

## M2780      **Impianti per la cogenerazione ed il risparmio energetico**

Anno: periodo 5:1    Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)  
Docente: *da nominare*

Il corso si propone di esaminare i sistemi a energia totale, evidenziando le caratteristiche tecniche ed economiche che li contraddistinguono, e mettendo in evidenza le varie forme di risparmio energetico che possono essere avviate in un processo di razionalizzazione e corretto uso dell'energia nei processi industriali.

REQUISITI. *Energetica 1 + Sistemi energetici 1, Energetica 2 + Sistemi energetici 2.*

### PROGRAMMA

#### 1. *Sistemi ad energia totale*

Premesse termodinamiche. La cogenerazione di calore e potenza. Il ciclo di turbina a vapore, a recupero totale e parziale. Il ciclo della turbina a gas. Il ciclo combinato gas-vapore. Il ciclo binario. Il ciclo del motore Diesel.

#### 2. *Prestazione di un sistema a cogenerazione*

Definizione di processo, sistema e centrale di cogenerazione. Classificazione. Condizioni nominale di un sistema di cogenerazione. Parametri significativi.

3. *Criteri economici* di valutazione dei costi di costruzione dei sistemi di cogenerazione, del costo di distribuzione dell'energia, dei costi di gestione, e di mantenimento in efficienza.

#### 4. *Cogenerazione e teleriscaldamento*

Caratteristiche dell'impianto sotto il profilo energetico e di impatto ambientale. Analisi di fattibilità del teleriscaldamento urbano.

5. *Alcune soluzioni* di produzione combinata elettricità-calore. Il sistema Totem. L'impianto di cogenerazione di Vallette. L'impianto di cogenerazione di Torino sud.

ESERCITAZIONI. Esercitazioni numeriche relative a sistemi cogenerativi reali.

## M2820 Impianti termotecnici

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali); 60+40+4 (nell'intero periodo)  
 Docente: da nominare

Scopo del corso è quello di illustrare agli allievi i principali tipi di impianti per la conversione, distribuzione ed utilizzazione dell'energia termica nelle applicazioni industriali e civili. Vengono presi in esame dal punto di vista costruttivo e funzionale i componenti più importanti ed i sistemi impiantistici, dal punto di vista teorico funzionale e di calcolo; si esaminano anche le norme tecniche che ne regolano il progetto e l'esercizio.

### PROGRAMMA

*Richiami di termodinamica e termocinetica.*

*Fondamenti di impiantistica.* Termotecnica. Scambiatori di calore, reti di fluidi.

*Centrali termiche.* Classificazione e funzionamento dei generatori di calore. I rendimenti. Tipologie di impianti civili e industriali. Classificazione e funzionamento dei forni industriali.

*Centrali frigorifere.* Classificazione e funzionamento dei cicli fondamentali a vapore e a gas. I fluidi frigoriferi e gli effetti sull'ambiente. Le principali tipologie di compressori. Gli impianti per la climatizzazione ambientale. Gli impianti per i magazzini frigoriferi. Gli impianti ad assorbimento.

*Gli impianti antincendio.* Tipologie e caratteristiche.

*La termofisica degli edifici.* Il comfort termoigrometrico e la qualità dell'aria negli ambienti confinati. Il bilancio dei flussi termici attraverso gli involucri edilizi in regime dinamico e stazionario. La progettazione estiva ed invernale. Il calcolo dei fabbisogni di energia.

*Gli impianti di climatizzazione ambientale.* Impianti ad aria, ad acqua e misti: tipologie, funzionamento e calcolo. Il calcolo delle reti di distribuzione. I terminali in ambiente e i sistemi di regolazione. La ventilazione naturale e forzata.

*Gli impianti di riscaldamento urbano centralizzato.* Il dimensionamento dei fabbisogni delle utenze ed il calcolo della potenza. Il calcolo delle reti di distribuzione di grande dimensione nei sistemi urbani.

*Normativa.* Le norme italiane ed europee per il dimensionamento, le prestazioni e la sicurezza e l'uso razionale dell'energia (risparmio energetico). Le norme antincendio. Le norme per la valutazione dell'impatto ambientale (VIA).

*L'impatto ambientale.* Il controllo delle emissioni acustiche. La riduzione degli inquinanti gassosi in atmosfera.

### ESERCITAZIONI

Sviluppo di calcoli di dimensionamento e di progetto di diverse tipologie di impianti reali tenendo conto delle normative e delle regole di calcolo vigenti.

## M2860 Informatica industriale

Per l'anno 1995/96 vicariato da M5010 : Sistemi informativi

## M 3030 Istituzioni di diritto pubblico e privato

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali); 72+28 (nell'intero periodo)

Docente: De Logli

Il corso fornisce le informazioni di base in materia di diritto dei contratti e dell'impresa, con una particolare attenzione all'analisi dei nuovi tipi contrattuali nazionali e transnazionali e delle diverse fattispecie di responsabilità in cui può essere coinvolto il gestore di un'impresa. L'obiettivo è di mettere in grado il futuro ingegnere gestionale di individuare i problemi giuridici dell'impresa ed illustrarli correttamente all'operatore del diritto in un'ottica di prevenzione.

### PROGRAMMA

I soggetti del diritto, i beni e la proprietà.

Obbligazioni e contratti.

Responsabilità del debitore e garanzia del creditore.

La responsabilità del produttore.

Proprietà ed impresa nella Costituzione e nel Codice Civile.

L'imprenditore individuale e l'imprenditore collettivo.

Le procedure concorsuali.

### BIBLIOGRAFIA

F. Galgano, *Diritto privato*, CEDAM, Padova, 1990.

G. Alpa, M. Bin, P. Cendon (cur.), *La responsabilità del produttore*, in *Trattato di diritto commerciale e di diritto pubblico dell'economia*, diretto da F. Galgano, CEDAM, Padova, 1989.

I due libri di testo devono essere integrati con gli appunti presi a lezione.

## M 3540 Metrologia generale meccanica

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2(4) (ore settimanali)

Docente: Anthos Bray (collab.: Fiorenzo Franceschini)

REQUISITI. Conoscenze di base di scienza delle costruzioni, di meccanica applicata ed elettrotecnica generale.

### PROGRAMMA

Il corso si divide in due parti: la prima riguarda la metrologia generale e la seconda le misure meccaniche. La finalità è di fornire le conoscenze sul corretto impiego dei mezzi e dei metodi di misura per il collaudo delle strutture e per la determinazione delle proprietà meccaniche dei materiali.

#### 1. La metrologia generale

Sono descritti i compiti della metrologia, basati sulla comprensione dei fenomeni fisici, sulla scelta dei mezzi e dei metodi di misura, sulla loro disseminazione e sulla valutazione dei risultati. I settori di intervento sono la metrologia scientifica, tecnica e legale. Fanno parte di questo argomento lo studio dei sistemi di unità di misura e dei campioni delle unità, i diversi tipi di trasduttori per la misura delle grandezze meccaniche e termiche, il loro principio di funzionamento e i mezzi per la determinazione delle caratteristiche metrologiche, nonché l'analisi degli errori e dell'incertezza.

#### 2. Elementi di statistica per il trattamento dei dati sperimentali

Questo argomento è inserito nel corso per permettere agli allievi la corretta presentazione ed interpretazione dei risultati. Attraverso l'analisi statistica sono indagate le cause delle incertezze casuali.

### 3. Le misure meccaniche

Comprendono i mezzi e i metodi usati nella meccanica "fredda" e nelle misure statiche nel settore dell'analisi delle sollecitazioni. Sono presentati i mezzi e i metodi per generare e misurare i diversi tipi di sollecitazione, includendo lo studio dei dinamometri e delle macchine di prova materiali.

La parte che riguarda la misura della deformazione comprende i metodi puntuali e quelli a tutto campo. Tra i primi, ampio spazio è dedicato agli estensimetri, in particolare agli estensimetri elettrici a resistenza, usati per la misura della deformazione sia nel piano, sia nello spazio.

Tra i metodi a tutto campo sono illustrati: la fotoelasticità, il metodo *moiré*, l'interferometria olografica ed i rivestimenti fragili.

In conclusione possiamo affermare che il corso è rivolto alla meccanica sperimentale, cioè alla trattazione dei metodi sperimentali per i quali l'industria dimostra ampio interesse, poiché costituiscono gli strumenti adatti per costruire strutture più leggere e più resistenti, per ottenere prodotti di qualità migliori e più affidabili e per rendere automatica l'acquisizione e l'elaborazione dei risultati nel campo del controllo della qualità.

### LABORATORIO

Le esercitazioni di laboratorio sono indirizzate ai seguenti temi:

Misure dimensionali eseguite con una macchina di misura a coordinate.

Misure di durezza Rockwell B.

Verifica sperimentale della curva di taratura di un LVDT.

Montaggio e verifica delle caratteristiche nominali di un estensimetro elettrico a resistenza (ER).

Verifica della taratura di una macchina di prova materiali.

Determinazione delle tensioni su un albero cavo mediante ER.

### ESAME

L'esame si articola in due parti: la prima consiste in un colloquio orale da sostenere verso la metà del semestre, la seconda consiste anch'essa in un colloquio da sostenere a fine corso secondo il calendario degli appelli.

Il primo colloquio comprende la parte generale ed è impostato sulle prime tre esercitazioni di laboratorio; l'esame conclusivo comprende la parte dei metodi e mezzi di misura adoperati nel settore dell'analisi delle sollecitazioni ed è impostato sulle altre esercitazioni di laboratorio.

Ogni candidato deve presentarsi all'esame con una copia dei rapporti tecnici svolti durante il periodo didattico.

### BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

A. Bray, V. Vicentini, *Meccanica sperimentale*, Levrotto & Bella, 1975.

Durante il corso verranno distribuite monografie su argomenti specifici.

Testi ausiliari:

S. Sartori, *Le misure nella scienza, nella tecnica, nella società*, Paravia, 1979.

R. Levi, *Elementi di statistica sperimentale*, RTM, Vico Canavese, 1972.

A. Bray, *Gli estensimetri elettrici a resistenza*, CNR, Roma, 1965.

A. Bray, G. Barbato, R. Levi, *Theory and practice of force measurement*, Academic Press, London, 1990.

Progetto UNI CEI, *Vocabolario internazionale dei termini fondamentali e generali della metrologia*.

*Misura e misurazioni. Termini e definizioni fondamentali* (Norma UNIPREA UNI 4546).



## M3740 Modelli per il supporto alle decisioni

Anno: periodo 5:2

Docente: Anna Ostanello (collab.: G. Balestra)

Scopi del corso:

Mettere gli allievi in condizione di:

- saper distinguere diverse situazioni problematiche, in contesti aziendali reali, evitando così di ricorrere ad inadeguati approcci di studio (di processi o problemi) ed a strumenti non appropriati per trattare o risolvere problemi reali;
- diventare più sensibili alle problematiche di approcci socio-tecnici che le aziende moderne stanno effettivamente utilizzando nella gestione dei loro processi organizzativi (ad esempio, di cambiamento) e inter-organizzativi (*project management* complesso);
- essere informati sui nuovi strumenti di *software*, per trattare problemi complessi in contesti multi-attoriali.

Favorire l'impostazione di eventuali lavori di tesi in interazione con soggetti aziendali.

### INFORMAZIONI GENERALI SUL CORSO

Il corso è stato completamente ristrutturato (rispetto alla prima versione dell'anno 1993/94), al fine di includere le parti principali dei due corsi *Modelli per il supporto alle decisioni* (indirizzo *Produzione*) e *Modelli per l'organizzazione e la gestione dei sistemi* (indirizzo *Amministrazione*). Il programma è costituito da tre parti: metodologia, modelli (in senso stretto) e strumenti.

La trattazione delle tre parti non è necessariamente sequenziale, ma seguirà alcuni percorsi, mirati a chiarire vari temi applicati e di ricerca. Tra i temi importanti proposti nell'ultimo decennio dalla letteratura della moderna ricerca operativa e dalle scienze di gestione e dell'organizzazione verranno, in particolare, evidenziati: pensare per sistemi; l'analisi longitudinale di processi; problematiche di cambiamento organizzativo, innovazione, e di intervento; processi di valutazione; identificazione e strutturazione di problemi complessi; gestione di progetti complessi (o multiprogetto). La trattazione teorica sarà illustrata da numerosi esempi relativi a casi reali. Lo svolgimento dei temi consente l'inserimento di attività di laboratorio (teoriche e sperimentali/pratiche su problemi reali) e seminari condotti da alcuni *managers* aziendali ed esperti.

### PROGRAMMA

#### 1. "Pensare per sistemi". [1.-2. settimana]

Sistemi: alcuni concetti base. A proposito di modelli: tipi generali, finalità di sviluppo, problemi di validità. Alcuni modelli per la concezione di sistemi nell'ambito della gestione. Metafore sistemiche: meccanismo (orologio); organismo; sistema neuro-cibernetico; sistema culturale; sistema politico. Possibili ruoli dell'ambiente. Problematrice relative al cambiamento. Approcci di analisi di un sistema: ruolo delle variabili sistemiche. Fattori di complessità. Approccio meccanicistico. Approccio strutturalista. Approccio di processo. Problemi di validazione; validità operativa.

#### 2. *Modelli organizzativi e di rappresentazione dei processi decisionali*. [3.-5. sett.]

Approcci di studio/modellizzazione di problemi decisionali, in relazione con diverse scuole che hanno prodotto modelli organizzativi. Attori e ruoli. Decisori. Decisione e processo decisionale. Alcuni paradigmi per l'analisi e la rappresentazione di processi decisionali (*decision making*) nei contesti aziendali: paradigmi razionalista, cognitivista, politico-organizzativo. Rappresentazioni di processi individuali: Simon ed i suoi critici; Olsen & March; Mintzeberg *et al.* Tipi di problemi e di processi. Rappresentazioni di processi multiattoriali nelle aziende (Cyvert & March; Witte). Reti di processi in contesti aziendali reali. Gerarchie di processi nell'aiuto alla decisione: processo di riferimento; interazione; processo di modellizzazione (*decision aiding*).

3. *Modelli per l'analisi di processi decisionali complessi in contesti aziendali.* [6.-8. sett.]

Percezione della situazione problematica. Il problema ed il(i) suo(i) oggetto(i). Relazioni tra contesto e processo. Approccio cognitivista. Processi di apprendimento individuali e collettivi. Analisi longitudinale. Rappresentazioni per oggetti, attori, per attività (*routines*). Alcuni strumenti di supporto all'analisi e strutturazione.

4. *Modelli per il supporto a decisioni individuali e di gruppo.* [9.-12. sett.]

Fattori di incertezza. Stato delle azioni potenziali. Stadi e fasi del processo di modellizzazione/validazione. Approccio costruttivista: analisi multicriteri; strutturazione di problemi, sviluppo di azioni potenziali e loro valutazione; problematiche di validazione; processi di validazione; strumenti di supporto. Approcci integrati: approcci partecipativi; problematiche di validazione; strumenti di supporto.

5. *Gestione di progetti (project management) come processo decisionale multiattoriale complesso.* [13.-14. sett.]

Concetti base e modelli di rappresentazione di processi di gestione. Strumenti *soft* di supporto alla gestione di progetti. Analisi di casi reali.

#### BIBLIOGRAFIA

Non esiste attualmente un testo che includa tutti gli argomenti trattati nel corso. Il docente fornirà appunti sulle lezioni svolte (prima bozza di un libro in corso di scrittura); alcuni articoli ed indicazioni bibliografiche di riferimento (tutte reperibili presso le biblioteche del Politecnico o presso il docente stesso).

#### LABORATORIO

Le attività di laboratorio (facoltative) avranno inizio dopo le vacanze di Pasqua. Tali attività (di gruppo) saranno programmate sulla base dei temi di lavoro che gli allievi avranno identificato e parzialmente sfruttato in una prima fase teorico-concettuale. I temi di lavoro devono riferirsi a situazioni problematiche reali, conosciute o vissute dagli allievi. La parte pratica sarà condotta presso il LEP; tale attività sarà seguita da un gruppo di tutori, costituito da docente, assistente del corso ed alcuni neo-laureati e laureandi.

#### ESAME

Se l'allievo non svolge attività di laboratorio, la valutazione finale avverrà sulla base di un esame orale tradizionale, che include anche gli argomenti trattati nei seminari.

Se l'allievo ha svolto attività di laboratorio, la valutazione finale avverrà sulla seguente base:

*i* 50 % del voto è basato sulla elaborazione teorica pratica svolta nel laboratorio (la parte di analisi, concettualizzazione e rappresentazione del problema peserà per il 70 % del voto).

*ii* 50 % del voto è basato su un esame orale, relativo alla parte metodologica (obbligatoria per tutti) ed alle parti che non sono "coperte" dal caso trattato in (*i*).

**M3770**

## Modelli per l'organizzazione e la gestione dei sistemi

Non attivato per l'anno 1995/96. Vicariato da  
M3740 : Modelli per il supporto alle decisioni

## M3850 Oleodinamica e pneumatica

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali); ++8 (nell'intero periodo)  
 Docente: Nicola Nervegna

Il corso si propone di fornire agli allievi le conoscenze di base necessarie per l'utilizzo, la scelta e la progettazione di sistemi e componenti oleodinamici e pneumatici di potenza e regolazione applicati su impianti fissi e mobili (impianti industriali, macchine utensili, veicoli). Partendo da una analisi qualitativa dei sistemi (gruppi di alimentazione e di utilizzazione) tramite l'impiego dei blocchi funzionali si giunge ad uno studio quantitativo e alla successiva conoscenza ed analisi dettagliata dei componenti.

REQUISITI. *Meccanica dei fluidi, Macchine, Controlli automatici.*

### PROGRAMMA

#### 1. *Analisi funzionale dei sistemi oleodinamici.* [26 ore]

Trasformazioni energetiche nei sistemi oleodinamici. Analisi qualitativa: schemi circuitali normati (ISO/UNI). Analisi quantitativa: i modelli matematici. Un traduttore oggettivo: i blocchi funzionali.

Gruppo di alimentazione a portata costante (GAQF). Analisi con i blocchi funzionali, deduzione della caratteristica portata-pressione ( $Q-p$ ) del gruppo all'interfaccia con l'utenza. Variante al GAQF con limitatrice pilotata e distributore di "vent". Soluzioni con valvole modulari a due vie.

Gruppo di alimentazione a portata variabile per valori discreti (GAQVD). Schema a blocchi funzionali nelle varie condizioni di possibile funzionamento. Deduzione della caratteristica. Studio dei rendimenti. Pilotaggio diretto e remoto nella limitatrice di pressione. Variante al GAQVD e riflessi sul rendimento.

Gruppo di alimentazione a portata variabile per valori continui (GAQYC). Pompa a cilindrata variabile con variazione manuale della cilindrata: caratteristica ( $Q-p$ ) in confronto con unità a portata costante.

Gruppo di alimentazione per utenza in circuito chiuso. Schema circuitale e analisi dei componenti: pompa di sovralimentazione, valvola a pendolo, livelli di taratura delle limitatrici di pressione.

Gruppo di alimentazione a pressione fissa vera (GAPFV). Pompa con limitatore assoluto di pressione.

Gruppo di alimentazione a pressione fissa approssimata (GAPFA). Caratteristica verso l'utenza e rendimenti. Schemi circuitali e analisi del funzionamento con riferimento alla valvola di esclusione. Gruppi di alimentazione con utenze multiple. Uscite indipendenti, parallele, confluenti. Circuito di base per lo studio di martinetti a semplice e doppio effetto. Analisi con blocchi funzionali. Caratteristica meccanica. Configurazioni di centro del distributore. Evoluzione del circuito per inversioni di velocità e carico e per la protezione da sovrappressioni e depressioni. Caratteristica meccanica ( $F, v$ ) per carichi resistenti e trascinati. Impiego di valvole di controbilanciamento (VCB): blocchi funzionali e caratteristiche nel piano ( $p, F$ ) e ( $v, F$ ). Impiego di valvole overcenter (OVC): blocchi funzionali e caratteristiche nel piano ( $p, F$ ) e ( $v, F$ ). Analisi dinamica e problemi di ottimizzazione. Regolazione della velocità.

Circuito rigenerativo con martinetto differenziale. Il principio della rigenerazione. Schema circuitale e sua semplificazione. Studio con i blocchi funzionali e deduzione della caratteristica meccanica dell'attuatore lineare.

Collegamenti multipli tra attuatori lineari tramite valvole di controllo della direzione a 6 bocche: parallelo, *tandem*, serie. Vincoli operativi.

Analisi delle priorità: valvola di sequenza; valvola di priorità.

Circuito per martinetto differenziale con selezione automatica della fase rigenerativa. Blocchi funzionali e piani caratteristici ( $p, F$ ) e ( $v, F$ ). Analisi del rendimento.

I controlli direzionali compensati. Sistema di riferimento con controllo non compensato. Piano energetico e di controllabilità. Primo e secondo controllo compensato con pompa a cilindrata variabile e 8 cilindrata fissa.

La distribuzione controllata. Schema multiutenza *load-sensing* (LS) senza e con compensazione locale. Riflessioni relative alla taratura dei compensatori locali in relazione alla taratura del limitatore differenziale della pompa LS. Analisi energetiche e di controllabilità.

Circuiti per sequenze, circuiti di sincronismo. Il divisore di flusso; il martinetto dosatore.

Gruppi di utilizzazione con attuatori rotativi: motori idraulici a cilindrata fissa e variabile; dispositivi e controlli della variazione di cilindrata. Caratteristica meccanica. Motore a cilindrata variabile con azionamento manuale e ad un verso di flusso. Caratteristica meccanica. Motore con limitatore assoluto di pressione: blocchi funzionali e caratteristica nel piano ( $Q, p$ ). Collegamenti multipli per motori idraulici. Gruppi trasformatori, con elementi ad albero comune: ad una bocca ed a due bocche verso l'utenza analogia funzionale al divisore di flusso; considerazioni energetiche e blocchi funzionali. Banco prova rigenerativo: principio applicativo e blocchi funzionali.

Servosistemi: principi relativi ai servosistemi. Retroazione meccanica di posizione: idrocoperatore. Retroazione volumetrica – meccanica di posizione: idroguida; studio delle sezioni costruttive del distributore rotante e del motore/pompa orbitale. Soluzioni reattive, non reattive e *load-sensing*.

## 2. Fluidi utilizzati e componenti collegati. [6 ore]

Il fluido di lavoro: ideale e reale, scopi e specifiche.

Classificazione ISO: viscosità dinamica e cinematica, viscosimetri. Diagramma viscosità cinematica – temperatura. Equazione di stato linearizzata. Comprimità e modulo di comprimità. Comprimità equivalente del sistema contenitore – fluido – aria separata. Modulo di comprimità di tubo in parte sottile.

La contaminazione del fluido, insorgenza e natura del contaminante, la filtrazione: prova ISO *Multipass*, rapporto di filtrazione. Potere assoluto di filtrazione. Normativa. Il condizionamento termico del fluido. Bilancio termico e valutazione della potenza persa.

I conduttori del fluido: rigidi e flessibili. Velocità di propagazione delle piccole perturbazioni. Studio delle portate di fuga in meati laminari. Materiali e funzionamento di guarnizioni e tenute.

## 3. Componenti di controllo. [18 ore]

Valvole di controllo della direzione. Classificazione. Distributori a posizionamento discreto e continuo. Studio delle configurazioni di centro. Definizione di ricoprimento, matrice dei ricoprimenti, ricoprimento dinamico. Equilibramento radiale dei cassettei. Trattazione delle forze di flusso: contributo azionario e dinamico. Rendimento in pressione ed in portata di un distributore a posizionamento discreto. Distributori a potenziamento continuo, geometria, azionamento, caratteristiche.

Valvole proporzionali e servovalvole. Azionamento con manipolatore. Azionamento elettrico con il *torque-motor*. Confronto tra specifiche e prestazioni di valvole proporzionali e servovalvole. Funzionamento nella soluzione a *flapper* e a *jet pipe*. Servovalvole a più stadi. Modello matematico di distributore con cassetto a posizionamento continuo.

Valvole di controllo della pressione. Limitatrice a comando diretto. Valvola limitatrice di pressione con stadio pilota. Valvola riduttrice di pressione a comando diretto. Confronto tra soluzioni dirette e pilotate.

Valvole regolatrici di portata. Strozzatore semplice, regolatori di portata a due e a tre vie. Caratteristiche stazionarie.

#### 4. *Organi operatori e motori.* [14 ore]

Pompe volumetriche. Caratteristiche ideali, analisi della portata e della coppia istantanea. Irregolarità di portata. *Ripple* di pressione. Studio delle caratteristiche reali. Rendimento idraulico, meccanico, volumetrico. Modelli teorici e semi-empirici di rendimento: modello di Wilson. Modelli di perdita di portata e di doppia Classificazione delle pompe. Variazione della cilindrata. Compensazione dei giochi ed equilibrio radiale.

Accumulatori di fluido. Classificazione ed impiego. Dimensionamento adiabatico e isoterma con approssimazione a gas perfetto.

Motori oleodinamici. Tempo di accelerazione e gradiente di potenza. Classificazione dei motori. Caratteristiche.

Attuatori lineari. Analisi del rendimento e modello di perdita per attrito. *Stick-slip*.

#### 5. *Analisi funzionale dei sistemi pneumatici.*

*Componenti pneumatici. Oleopneumatica.* [8 ore]

Gruppo di generazione a pressione costante. Cenni sui compressori. Dimensionamento del serbatoio. Separatori di condensa e lubrificatori.

Gruppi di utilizzazione pneumatici. Comandi fondamentali di martinetti e motori. Applicazioni dei pilotaggi. Calcolo delle prestazioni dei ritardi in riempimento e scarico. Richiami sulle caratteristiche degli ugelli in funzionamento critico e subcritico. Caratteristiche stazionarie di valvola riduttrice di pressione. Analisi dinamica di un martinetto con strozzatori all'ammissione e allo scarico. Analisi grafica del funzionamento stazionario. Cenni sulla risposta a variazioni di carico.

Analisi dei motori pneumatici. Studio del ciclo di lavoro e calcolo della massa d'aria per ciclo. Descrizione dei componenti reali. Reversibilità. Classificazione e caratteristiche delle regolazioni.

Schemi costruttivi di componenti pneumatici. Circuiti oleopneumatici. Principi di controllo della velocità e della posizione. Scambiatore di pressione. Moltiplicatore di pressione. Cilindro oleopneumatico. Schemi circuitali. Presse oleopneumatiche e metodi realizzativi del principio del consenso bimanuale.

#### ESERCITAZIONI. [40 ore]

(Cfr. il programma delle lezioni)

Normativa ISO/UNI sui simboli grafici.

Circuito oleodinamico elementare: calcolo della potenza assorbita, costruzione dei diagrammi ( $p,F$ ) e ( $v,F$ ).

Studio del primo circuito della centralina didattica di laboratorio.

Confronto tra attuatori collegati in serie e in parallelo.

Regolazione in velocità dei martinetti.

Effetto di moltiplicazione della pressione in un martinetto differenziale.

Studio del secondo e terzo circuito della centralina didattica.

Gruppo di alimentazione a pressione fissa approssimata:  $a$ ) con pressostato e limitatrice di pressione,  $b$ ) con valvola di scarico (descrizione e funzionamento).

Regolazione in velocità del motore oleodinamico.

Banco freno.

Sistemi *load-sensing* (LS): esempio di applicazione e caso del carrello elevatore.

Studio del circuito LS, risparmio energetico, controllo in velocità degli attuatori.

Descrizione e funzionamento della pompa a stantuffi radiali con controllo LS e valvola di priorità. Saturazione.

Introduzione alle trasmissioni idrostatiche (TI). Confronto delle TI a circuito aperto e a

circuito chiuso. TI a coppia e a potenza costante. Progetto di TI: selezione e configurazione. TI a pressione determinata.

Controllo automobilistico e di velocità.

Trasmissione Denison in circuito chiuso: descrizione e funzionamento.

Esempi di valvole di regolazione della pressione e della portata.

Valvole di sequenza, di scarico, di riduzione della pressione, di non ritorno.

Divisore / ricombinatore di flusso, valvola limitatrice di pressione proporzionale, valvola di controbilanciamento, valvole regolatrici di portata a 2 e 3 vie, pompa ad ingranaggi esterni.

#### LABORATORIO. [8 ore]

Centralina didattica. Rilievo delle prestazioni di circuiti oleodinamici. Controllo della velocità di rotazione di motori a cilindrata fissa mediante strozzatore variabile o regolatore di portata.

Banco prova distributori proporzionali ed idroguida *load-sensing*.

Smontaggio ed esame critico di particolari costruttivi di componenti oleodinamici presenti nel banco *load-sensing* (distributore proporzionale PVG60, valvola di priorità, idroguida LS, pompa VPA 40 LS a pistoni radiali).

Smontaggio ed esame critico di particolari costruttivi di componenti oleodinamici (valvole Abex, Denison, Hagglunds e Fluid Controls di pressione e di portata, motori orbitali, a pistoni assiali, a palette, pompe ad ingranaggi esterni).

Rilievo delle caratteristiche stazionarie e dinamiche di servovalvole elettroidrauliche.

#### BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

*Oleodinamica e pneumatica*, appunti di supporto al corso, predisposti dal docente, aggiornati e riveduti ogni anno e con circolazione limitata agli allievi.

Testi ausiliari per approfondimenti:

Vengono segnalati di anno in anno nel testo di riferimento.

ESAME. Orale, sugli argomenti svolti e proposti a lezione, esercitazione in aula e nelle esperienze di laboratorio

M 3950

## Plasticità e lavorazioni per deformazione plastica

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

Docente: Giovanni Perotti

Il corso si prefigge l'intento di fornire competenze nell'ambito delle tecnologie di deformazione plastica dei metalli. A questo scopo si forniscono indicazioni sulla teoria elementare della plasticità, introducendo tensioni e deformazioni puntuali, i criteri di plasticizzazione, i modi per risolvere i problemi di formatura. Successivamente si analizzano le diverse lavorazioni alla luce di quanto sopra detto, e si evidenziano le caratteristiche tipiche di ogni lavorazione esaminata.

REQUISITI. Conoscenze di meccanica, tecnologia meccanica, materiali.

## PROGRAMMA

*1. Cenni introduttivi*

Cenni storici sulle lavorazioni per deformazione plastica, concatenazione tecnologica dei prodotti. [2 ore]

Meccanismi della deformazione plastica, dislocazioni. [2 ore]

*2. Analisi elementare della plasticità*

Tensori delle tensioni, autovalori ed autovettori. [3 ore]

Tensori delle deformazioni e delle velocità di deformazione. [2 ore]

Criteri di plasticizzazione. [2 ore]

Lavorazioni innovative. [1 ora]

Relazioni analitiche fra tensioni, deformazioni e velocità di deformazione, curve di plasticizzazione dei materiali. [2 ore]

*3. Metodi per la soluzione di problemi di formatura*

Uso di equazioni di plasticità e di equilibrio; metodi del lavoro uniforme, della sezione, dei piani di discontinuità. [2 ore]

Metodi ai limiti, metodo delle linee di scorrimento, cenno sul metodo agli elementi finiti. [4 ore]

*4. Tecnologie di lavorazione per deformazione plastica**4.1 Fucinatura, stampaggio massivo, estrusione*

Fucinatura, stampaggio a caldo e semicaldo, modalità operative. [2 ore]

Calcolo dei lavori e delle forze necessari, condizioni di attrito. [2 ore]

Macchine ed utensili per fucinare e stampare. [4 ore]

Estrusione a caldo ed a freddo, modalità operative, calcolo delle forze e dei lavori con diversi metodi. [6 ore]

*4.2 Laminazione*

Laminazione piana a caldo ed a freddo, calcolo delle forze valutazione dell'attrito, e dell'allargamento. [6 ore]

Laminazione in calibri. [4 ore]

Cilindri di laminazione, materiali, disposizioni. [3 ore]

Treni di laminazione. [2 ore]

*4.3 Produzione dei tubi.* [2 ore]*4.4 Trafilatura di barre e fili.* [2 ore]*4.5 Operazioni sulle lamiere*

Tranciatura a profilo aperto e chiuso. [2 ore]

Modalità operative dell'imbutitura e dello stampaggio delle lamiere, determinazione degli sviluppi piani necessari, del numero di passaggi, delle forze. [4-6 ore]

Macchine, stampi di imbutitura; processi di simulazione nella progettazione degli stampi. [3 ore]

Piegatura. [1 ora]

## ESERCITAZIONI

In aula:

Calcoli di forze e lavori in operazioni di ricalcatura, stampaggio massivo, laminazione, imbutitura, estrusione, tracciamento delle caratteristiche di una pressa meccanica.

Progettazione elementare di attrezzo per estrusione a freddo.

Uso di programmi per il calcolo di sequenze di calibri in laminazione, e di sequenze di forme di imbutitura della lamiera.

In laboratorio:

Esecuzione di operazioni di ricalcatura, di laminazione a freddo, di imbutitura, di piegatura, esame di pezzi deformati a caldo, a tiepido, a freddo.

Rilevamento con strumenti ottici delle deformazioni permanenti su particolari estrusi.

All'esterno:

Visite di studio presso stabilimenti dell'area torinese presso i quali si attuano tecnologie di deformazione dei metalli.

#### BIBLIOGRAFIA

Dispensa del docente.

Tschatsch, *Manuale delle lavorazioni per deformazione*, Tecniche Nuove, Milano.

Spur, *Enciclopedia delle lavorazioni meccaniche. Vol. 2 e 5*, Tecniche Nuove, Milano.

ESAME. Gli esami si svolgono in forma di esame orale tradizionale. Si richiede allo studente di portare il dossier delle esercitazioni svolte.

## M 4090 Produzione assistita da calcolatore

Anno/periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 52+26+26 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Giovanni Podda

Il corso si propone di descrivere il percorso che un bene di consumo segue, nel passaggio dall'idea concettuale al prodotto finito, attraverso il processo di disegno ed il processo di fabbricazione. Tutte le fasi che contribuiscono alla realizzazione del prodotto sono esaminate in una ottica di produzione assistita dal calcolatore, dalla creazione della base di dati per il modello alla sua realizzazione su una macchina a controllo numerico in una cella di lavoro servita da *robots*. Sono esaminati infine gli apporti della "intelligenza artificiale" alla rappresentazione ed alla gestione della conoscenza collegata al processo produttivo.

#### REQUISITI

Sono richieste conoscenze di base di disegno tecnico assistito, di tecnologia meccanica e di informatica. Le nozioni per l'apprendimento e l'uso del *software* dedicato vengono fornite durante il corso.

#### PROGRAMMA

##### 1. Introduzione al processo produttivo. [4 ore]

Definizione di base del processo produttivo. Il disegno nel processo produttivo. Il controllo e la pianificazione.

##### 2. Il disegno e le sue specifiche. [4 ore]

Il disegno e le normative. Il disegno assistito. I sistemi di modellazione.

##### 3. La pianificazione. [4 ore]

L'organizzazione dell'esperienza. Le tavole e gli alberi di decisione. L'analisi della capacità del processo.

##### 4. Il controllo numerico. [4 ore]

I principi del controllo numerico. La classificazione del controllo numerico. Lo *hardware* per il controllo numerico.



5. *La programmazione del controllo numerico.* [4 ore]  
Il *part-program*. La programmazione manuale. La programmazione assistita. La programmazione dal modello CAD. La geometria del *part-program*.
6. *I robots.* [8 ore]  
Generalità sulla cinematica e sulla dinamica dei *robots*. La programmazione dei *robots*. La visione artificiale nei *robots*.
7. *La group technology.* [8 ore]  
Le famiglie di pezzi. La codifica e la classificazione delle famiglie di pezzi.
8. *La pianificazione dei processi produttivi.* [8 ore]  
L'approccio manuale. L'approccio *variant*. L'approccio *generative*.
9. *L'intelligenza artificiale.* [8 ore]  
Le strutture della conoscenza. I sistemi esperti. Le reti neurali. La logica *fuzzy*.

#### ESERCITAZIONI. [26 ore]

Le esercitazioni consistono nella guida alla scelta ed allo svolgimento di un argomento specifico del corso su cui costruire una sperimentazione da effettuarsi in un gruppo di 4-6 allievi. Sono previsti in media 3 incontri con il docente per la preparazione di una relazione, che andrà esposta e discussa in aula (circa 15' di tempo per ogni componente del gruppo) con tutti gli allievi del corso interessati. La relazione potrà vertere anche su un tema concordato con una azienda esterna interessata.

#### LABORATORIO. [26 ore]

1. I modellatori CAD. [10 ore]  
Le curve parametrizzate. La modellazione per superfici (B-rep). La modellazione per volumi (CSG).
2. La costruzione dei percorsi utensile. [6 ore]  
I percorsi utensile per il tornio. I percorsi utensile per le frese a candela.
3. I robots. [10 ore]  
La programmazione e la simulazione dei robots.

#### BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

T. Chang, R.A. Wysk, H. Wang, *Computer-aided manufacturing*, Prentice-Hall, 1991.

Testi ausiliari:

U. Rembold, B.O. Nnaji, A. Starr, *Computer integrated manufacturing and engineering*, Addison Wesley, 1993.

I. Zeid, *CAD/CAM theory and practice*, McGraw-Hill, 1991.

#### ESAME

L'esame consiste in una prova teorica individuale (1 ora) ed in una relazione sperimentale svolta in gruppo durante il corso ed esposta e discussa in aula (15' di tempo per ogni componente il gruppo) con tutti gli allievi del corso interessati.

## M4350 Programmazione e controllo della produzione meccanica

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

Docente: Paolo Brandimarte

Gli obiettivi del corso sono:

1. familiarizzare l'allievo con i problemi di gestione della produzione industriale, in termini di approcci *standard* e di procedure *software* commercialmente disponibili;
2. sviluppare le capacità di costruzione e soluzione di modelli matematici per problemi reali di programmazione della produzione.

REQUISITI. È indispensabile una buona conoscenza degli argomenti trattati nel corso di *Ricerca operativa*.

### PROGRAMMA

*Generalità e classificazione degli ambienti produttivi.*

*Make-to-stock, make-to-order, assemble-to-order, engineer-to-order.* Produzione *batch* e ripetitiva. *Layout* di sistemi produttivi. Problemi di pianificazione, schedulazione e controllo. Indicatori di prestazione.

*Controllo delle scorte.*

Modelli deterministici e stocastici.

*Manufacturing Resource Planning (MRPII).*

Logica Material Requirements Planning (MRPI). Struttura dei pacchetti *software* MRPII. Rappresentazione della distinta base: *phantom items, features/options e product configuration*. *Master production scheduling*. *Lot sizing* nei pacchetti MRP: problemi di *nervousness*. Controllo avanzamento produzione.

*Just in time.*

Obiettivi e condizioni di applicabilità. Controllo Kanban.

*Schedulazione a capacità finita.*

Formulazioni classiche dei problemi di *scheduling* (strutture e obiettivi). Problemi non *standard* (processori *batch*, problemi periodici, *setup major/minor*, flussi rientranti). Schedulazione con regole di priorità; schedulazione dinamica; schedulazione reattiva. Pacchetti SW per la schedulazione a capacità finita e integrazione con MRP.

Complementi di programmazione matematica.

Programmazione non lineare: moltiplicatori di Lagrange; funzioni obiettivo non differenziabili; teoria della dualità; metodi numerici. Programmazione a numeri interi: esempi di formulazione di modelli; metodi di soluzione (*branch and bound*; rilassamento continuo, rilassamento lagrangiano). Rafforzamento della formulazione di problemi a numeri interi; *preprocessing* automatico. Programmazione dinamica. Complessità dei problemi di ottimizzazione discreta e strategie euristiche (metodi *greedy, beam search*, ricerca locale, euristiche duali, formulazioni modali). Pacchetti SW per l'ottimizzazione; generatori di modelli.

*Modelli matematici a tempo discreto.*

Modelli di *aggregate production planning*. Modelli per il *lot sizing* a capacità finita: caso di *time bucket* piccolo e *time bucket* grande; metodi *branch and bound* ed euristiche; *lot sizing* multi-livello.

*Modelli matematici a eventi discreti.*

Modelli per il bilanciamento dei carichi. Schedulazione di macchine parallele. Modelli a grafi disgiuntivi. Problemi *flow shop* (*branch and bound* ed euristiche). Euristiche per problemi *job shop* (*shifting bottleneck*, ricerca locale). Schedulazione di macchine con tempi di *setup*. Schedulazione di processori *batch*. Controllo della produzione in ambienti ripetitivi con macchine soggette a guasti.

**ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni in aula sono strettamente integrate con le lezioni e riguardano: soluzione manuale di semplici problemi di programmazione con la logica MRP; soluzione di problemi di schedulazione con metodi euristici; costruzione di modelli matematici per problemi di programmazione e schedulazione della produzione.

**LABORATORIO**

Le esercitazioni in laboratorio sono facoltative: vengono svolte a gruppi presso il Laboratorio di Economia e Produzione, e riguardano l'uso di pacchetti *software* di programmazione della produzione (MRP), schedulazione di dettaglio, valutazione delle prestazioni di sistemi di produzione e ottimizzazione.

**BIBLIOGRAFIA**

P. Brandimarte, A. Villa, *Gestione della produzione industriale*, UTET, 1995.

P. Brandimarte, A. Villa, *Advanced models for manufacturing systems management*, CRC Press, 1995.

**ESAME**

L'esame si articola su una prova scritta ed una orale. L'eventuale partecipazione alle esercitazioni di laboratorio non influenza la valutazione e non richiede la preparazione di relazioni scritte.

**M4740 Sicurezza e analisi di rischio**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali); 76+24 (nell'intero periodo)

Docente: *da nominare*

Il corso si propone di fornire gli elementi conoscitivi e gli strumenti operativi per l'analisi di sicurezza di impianti e sistemi complessi, attraverso le metodologie sia deterministiche che probabilistiche.

**PROGRAMMA**

Modalità di analisi dell'impianto e del processo (sequenze incidentali innescate da eventi interni, sequenze incidentali causate da eventi esterni).

Modelli fisici per la previsione dei rilasci accidentali di energia e di sostanze pericolose (modelli di calcolo relativi a: irraggiamento da incendi, sovrappressione da esplosione, dispersione dei rilasci di aeriformi, liquidi saturi, fluidi solubili e insolubili in acqua).

*Identificazione del rischio*: analisi di operabilità (HAZOP) e analisi dei modi e degli effetti dei guasti (FMEA).

*Stima del rischio:*

- valutazione della probabilità di accadimento e dimensioni delle conseguenze degli eventi incidentali;
- analisi statistiche;
- analisi di affidabilità con le tecniche dell'albero degli eventi, dell'albero dei guasti e con metodi markoviani;
- metodi simulativi.

*Valutazione e controllo dei rischi:*

- modalità di intervento per ridurre le probabilità di accadimento dell'incidente;
  - mitigazione delle conseguenze attraverso interventi:
    - nel progetto dell'impianto (*stand-by*, ridondanza, diversificazione, sistemi di protezione),
    - nella localizzazione (valutazioni di localizzazioni alternative),
    - nelle procedure di esercizio e manutenzione (sistemi con componenti riparabili e non),
    - nelle procedure di emergenza;
- costruzione del *probabilistic risk assessment* (PRA) per un impianto di riferimento.

## ESERCITAZIONI.

È prevista l'analisi particolareggiata di un impianto di riferimento attraverso l'applicazione delle tecniche FMEA, HAZOP, albero degli eventi, albero dei guasti e con l'utilizzazione di codici di calcolo per l'analisi quantitativa.

## BIBLIOGRAFIA.

M.D. Shooman, *Probabilistic reliability: an engineering approach*, McGraw-Hill, 1969.

A. Pages, M. Gondran, *Fiabilité des systèmes*, Eyrolles, Paris, 1980.

E.J. Henley, H. Kumamoto, *Reliability engineering and risk assessment*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1981.

R. Billinton, R.N. Allan, *Reliability evaluation of engineering systems*, Plenum, New York, 1983.

A.E. Green, *Safety systems reliability*, Wiley, Chichester, 1983.

**M4840 Sistemi di analisi finanziaria**

Anno/periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali); 78+26 (nell'intero periodo)

Docente: Luigi Buzzacchi

Il corso si propone, nella prima parte, di modellizzare i meccanismi di funzionamento ed il ruolo dei mercati finanziari nel sistema economico; vengono presi in esame i mercati azionari ed obbligazionari, nonché quelli di titoli derivati, dei quali si discutono le caratteristiche di efficienza e di equilibrio. La seconda parte è dedicata all'approfondimento delle teorie classiche e moderne che descrivono la condotta finanziaria delle imprese.

**REQUISITI.** Vengono considerati come propedeutici gli argomenti trattati nel corso di *Economia dell'impresa*.

## PROGRAMMA

Teoria dei mercati finanziari.

Titoli finanziari, teoria dell'investitore e meccanismo di funzionamento dei mercati: i titoli finanziari come contratti, completi ed incompleti, valore attuale e costo opportunità del capitale, valutazione di titoli a reddito fisso e azionari, arbitraggio e valore attuale, la teoria del portafoglio, equilibrio del mercato dei capitali, microstruttura, verifiche empiriche di efficienza dei mercati, struttura per scadenza dei tassi di interesse.

I mercati di titoli derivati: contratti *forward*, contratti *futures*, opzioni e *swaps*, metodologie di copertura dei rischi valutari.

*Corporate finance*.

Decisioni di finanziamento ed emissione di titoli finanziari, la politica dei dividendi, la struttura finanziaria.

Decisioni finanziarie delle imprese in un contesto di mercati imperfetti: separazione tra proprietà e controllo e problemi di agenzia, forme istituzionali ed evidenza nel caso italiano.

ESERCITAZIONI. Applicazioni per la soluzione di problemi finanziari.

### BIBLIOGRAFIA

- R. Brealey, S. Myers, *Principi di finanza aziendale*, McGraw-Hill Libri Italia, 1990.  
 J. Hull, *Options, futures and other derivative securities*, Prentice-Hall, 1989.  
 K. Garbade, *Teoria dei mercati finanziari*, Il Mulino, 1989.

ESAME. L'esame consta sia di una prova scritta che di una prova orale.

## M5010 Sistemi informativi

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+1+1 (ore settimanali)

Docente: Ricciardi

Il corso descrive le modalità di impiego delle tecnologie informatiche nell'area della produzione. Vengono poi descritte l'architettura e le principali applicazioni di un sistema informativo della produzione e viene proposta una metodologia per individuare le soluzioni più coerenti in relazione con la specifica tipologia di produzione.

Le problematiche di realizzazione dei sistemi aziendali vengono affrontate sia sotto l'aspetto delle tecniche di progettazione e pianificazione con particolare riguardo al ruolo dell'utente, sia sotto l'aspetto della scelta di eventuali *package* applicativi. Relativamente a questi vengono forniti i criteri per condurre la valutazione la selezione.

## PROGRAMMA

La problematica della gestione industriale ed il ruolo del sistema informativo. Le tecnologie informatiche significative ed il loro impiego nell'ambiente industriale. Viene esaminato in particolare il ruolo delle tecniche *data base* e *data communication*. Esame delle diverse tipologie di sistemi produttivi ed individuazione dei diversi modelli concettuali, anche in relazione all'evoluzione (del modo di produrre e dei modelli organizzativi) in atto.

Descrizione dell'architettura di un tipico sistema informativo di produzione.

Illustrazione delle principali applicazioni.

La problematica dell'evoluzione dei sistemi informativi di produzione, la pianificazione delle nuove realizzazioni ed il ruolo dell'utente.

L'alternativa dell'utilizzo di *package* applicativi *standard*; cosa offre il mercato.

Vantaggi e svantaggi dell'adozione di un *package*; come valutarli, scaglierli ed utilizzarli.

**ESERCITAZIONI.** Vengono svolti esercizi di personalizzazione di programmi applicativi per la gestione della produzione.

**LABORATORIO.** Vengono svolti esercizi pratici di utilizzo di programmi applicativi per la gestione della produzione.

**BIBLIOGRAFIA.** Dispense del docente.

**M5175**

## Statistica aziendale + Marketing industriale

(Corso integrato)

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

Docenti: Roberto Corradetti, Giorgio Pellicelli

Il corso integrato, dopo aver trattato dei metodi quantitativi impiegati negli studi di mercato, analizza le tecniche della comunicazione d'impresa, da quelle più tradizionali (pubblicità, promozioni, relazioni pubbliche) a quelle innovative, sviluppando e discutendo alcune applicazioni significative.

### PROGRAMMA

Lo strumento statistico; il metodo del campione.

Le tecniche per la individuazione delle strutture dei gruppi.

La diffusione dei messaggi.

Tecniche tradizionali per la comunicazione d'impresa.

Tecniche innovative: sponsorizzazioni, comunicazione interattiva, comunicazione collettiva.

La comunicazione integrata.

Il *marketing* strategico nei servizi.

Le indagini al servizio della comunicazione d'impresa.

Studio di casi: analisi di alcune campagne pubblicitarie.

## A3155 **Storia della tecnologia**

Anno: periodo 5:1

Docente: Vittorio Marchis

Il corso si propone di fornire agli studenti alcune conoscenze fondamentali per poter affrontare una analisi storica dell'evoluzione delle tecniche e dei processi di produzione dei beni materiali a partire dal Rinascimento, sino alla fine dell'Ottocento.

Una particolare attenzione è posta, oltre agli aspetti prettamente tecnici, anche ai problemi economici che hanno trovato una diretta interazione con la tecnologia.

### PROGRAMMA

#### *La storia della tecnologia.*

Si traccia un profilo della storia delle tecniche dal Rinascimento sino alla fine dell'Ottocento. Le tecniche del mondo antico e medievale sono esaminate solamente per quanto necessario a spiegare i processi evolutivi relativi al periodo '400-800.

Relativamente a questi argomenti si vogliono fornire agli studenti alcuni schemi interpretativi; tra questi le problematiche connesse alle risorse energetiche e del loro sfruttamento, la conversione dell'energia, lo sviluppo delle macchine operatrici e dei processi tecnologici per la produzione dei beni materiali, i vari aspetti dell'innovazione tecnologica, i rapporti tra scienza e tecnica, i problemi dell'istruzione tecnica.

#### *I documenti.*

Si illustrano i trattati rinascimentali di ingegneria, quindi le prime grandi opere a stampa (i teatri di macchine), e le grandi opere scientifico-tecniche del Seicento, per poi passare al fenomeno delle enciclopedie illuministe ed infine alla letteratura tecnica ottocentesca (manuali, trattati, opere di divulgazione scientifico-tecnica). Si analizzano inoltre le fonti archivistiche (soprattutto relative all'area piemontese) che rivestono un particolare interesse per quanto attiene alla storia delle tecniche.

#### *I metodi.*

Si illustrano le tecniche operative di interpretazione dei dati storici reperiti sulle fonti con riferimento all'analisi dei testi manoscritti, dei disegni tecnici, della letteratura tecnica in generale.

Si propongono schemi interpretativi di reperti di macchine o di complessi industriali. Una particolare attenzione è posta alle metodologie di elaborazione automatica (con elaboratore elettronico) dei dati reperiti, alla classificazione delle fonti, alla interpretazione dei dati quantitativi e numerici, alla realizzazione di modelli evolutivi.

### ESERCITAZIONI

Durante il corso è previsto lo svolgimento guidato di una esercitazione a gruppi sulla analisi di alcuni documenti relativi a sistemi tecnologici o a complessi di produzione industriale, con particolare riferimento al territorio torinese e piemontese.

### BIBLIOGRAFIA

B. Gille, *Storia delle tecniche*, Roma, Ed. Riuniti, 1985.

D.S.L. Cardwell, *Tecnologia, scienza e storia*, Bologna, Il Mulino, 1976.

C.M. Cipolla, *Uomini, tecniche, economie*, Milano, Feltrinelli, 1977.

D.S. Landes, *Prometeo liberato: trasformazioni tecnologiche e sviluppo industriale nell'Europa occidentale dal 1750 ai giorni nostri*, Torino, Einaudi, 1978.

Mori, *L'industrializzazione in Italia*, Bologna, Il Mulino.

V. Marchis (cur.), *Quaderni di storia della tecnologia*, Levrotto e Bella, Torino.

## M 5390 Studi di fabbricazione

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

Docente: Agostino Villa

Eseguire uno studio di fabbricazione significa organizzare e gestire un progetto sia di un nuovo prodotto che del processo produttivo innovativo che più economicamente consenta di ottenere il prodotto suddetto. In tale ottica, il corso affronta i seguenti problemi della progettazione industriale congiunta di prodotto e processo produttivo: (a) identificazione dei bisogni del mercato potenziale; (b) definizione di un programma di produzione adeguato e compatibile con i vincoli tecnologici di processo produttivo a disposizione; (c) definizione di un programma di innovazione del processo produttivo in modo da massimizzarne l'efficienza e l'efficacia.

### REQUISITI

Il corso è l'insegnamento conclusivo dell'orientamento *Produzione*; pertanto in esso verranno largamente utilizzati concetti e strumenti sviluppati nei corsi precedenti dello stesso orientamento.

### PROGRAMMA

Il corso è organizzato in tre parti:

- definizione dei concetti che consentono di formulare il problema della progettazione in termini di processo dinamico di generazione di nuove conoscenze a mezzo di conoscenze;
- analisi degli strumenti metodologici per organizzare (cioè modellare e pianificare) il processo di progettazione;
- analisi di strumenti operativi per organizzare le attività tipiche dei tre momenti della progettazione industriale.

In tale ottica il corso viene sviluppato come il naturale completamento degli insegnamenti costituenti l'orientamento *Produzione*, dei quali il corso applica i contenuti metodologici ed utilizza strumenti e tecniche nella soluzione di problemi di progettazione congiunta di prodotto e di sistema produttivo.

#### 1. I concetti

- 1.1. Processo di progettazione e sua organizzazione.
- 1.2. Attività di progettazione e loro programmazione.
- 1.3. Dinamica dell'innovazione.

#### 2. Gli strumenti.

- 2.1. Procedure di identificazione delle specifiche.
- 2.2. Procedure di costruzione dell'albero delle funzioni dell'oggetto in sviluppo.
- 2.3. Procedure di costruzione del grafo delle interazioni tra funzioni dell'oggetto in sviluppo.
- 2.4. Modelli di grafo delle attività di progetto e operazioni su di esso.
- 2.5. Procedure di schedulazione di attività di progetto.

#### 3. Progetto congiunto di prodotto e processo.

- 3.1. Progetto di prodotto orientato alla lavorabilità.
- 3.2. Progetto di sistema di produzione.

#### 4. Recenti sviluppi: *design for quality; design for economics; life cycle design.*

### ESERCITAZIONI

La caratteristica di corso conclusivo dell'orientamento è rimarcata dal fatto che gli allievi sono tenuti ad analizzare e risolvere, organizzati in piccoli gruppi, con il supporto del docente e nelle ore di esercitazione in aula, uno specifico problema di progetto



(riferito all'ambiente produzione) con stesura di una relazione di presentazione delle procedure usate e dei risultati ottenuti.

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento: Appunti forniti dal docente.

Testi ausiliari:

- G. Chrystolouris, *Manufacturing systems : theory and practice*, Springer, 1992.  
 N.P. Suh, *The principles of design*, Oxford Univ. Press, 1990.  
 A. Kusiak, *Intelligent manufacturing systems*, Prentice-Hall, 1990.  
 A. Kusiak (ed.), *Intelligent design and manufacturing*, Wiley, 1992.  
 U. Tetzlaff, *Optimal design or flexible manufacturing systems*, Springer, 1990.

## ESAME

L'esame, orale, sarà organizzato in due fasi:

1. interrogazione su strumenti metodologici ed operativi per la progettazione (es.: dato uno strumento, come viene formalmente modellato, come viene utilizzato, quali risultati sono ottenibili ed in quale ambito del problema di progettazione);
2. interrogazione sulla tesina presentata e corretta dal docente.

Al fine di consentire la correzione delle tesine, queste dovranno essere tutte consegnate con un anticipo di 10 giorni rispetto la data di inizio della sessione di esami di giugno-luglio). Ad ogni fase d'esame corrisponderà una valutazione delle risposte fornite dall'allievo. Il voto finale risulterà dalla media delle due valutazioni suddette, purché ciascuna di esse sia almeno sufficiente.

## M5440      **Tecnica della sicurezza ambientale**

Anno: periodo 5/2    Lezioni, esercitazioni, laboratori: 70+25 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Norberto Piccinini (collab.: Italo Mazzarino, Guido Sassi)

Nel quadro dell'ampio significato dei termini "rischio" e "sicurezza", il corso intende fornire gli strumenti per individuare le pericolosità nelle varie attività e definire procedimenti, tecnici od organizzativi, per raggiungere obiettivi di sicurezza. Il corso intende inoltre trasferire le valutazioni dei rischi in processi decisionali per una corretta progettazione e per una attenta gestione dei rischi imprenditoriali od ambientali.

## REQUISITI

Sarebbe opportuno che l'allievo avesse superato un insegnamento di impianti.

## PROGRAMMA

### 1. Incidenti e rischi nelle attività umane. [6 ore]

Infortuni sul lavoro e malattie professionali. Evoluzione dei concetti di "rischio" e "sicurezza". Scale e parametri per valutazioni di tollerabilità dei rischi. Le valutazioni di impatto ambientale. *Environmental audits*.

### 2. Pericolosità di prodotti ed operazioni industriali. [20 ore]

Tossicità delle sostanze chimiche. Reazioni di combustione ed esplosive. Elementi di protezione contro gli incendi. Rischi legati all'uso dell'energia elettrica.

3. *Metodi di studio dei rischi nelle attività antropiche* (impianti industriali e grandi opere infrastrutturali). Metodi basati sul giudizio ingegneristico (indici di rischio, *safety audits, check list*). Approccio storico a mezzo banche dati incidenti. [4 ore]

Valutazioni probabilistiche dei rischi. [16 ore]

- Metodi per l'individuazione delle pericolosità di origine interna agli impianti (analisi di operabilità, Hazop, analisi dei guasti e loro effetti; FMEA).
- Valutazione della risposta di un impianto al verificarsi di un guasto per mezzo di alberi logici e decisionali (diagramma delle sequenze incidentali, albero degli eventi, albero dei guasti, diagramma logico cause – conseguenze).
- Stima della frequenza di eventi incidentali (risoluzione di alberi logici).
- Analisi di sequenze incidentali di tipo dinamico.

4. *Principi e metodi dell'affidabilità tecnologica.* [8 ore]

Affidabilità di un componente, di sistemi operativi (in serie o in parallelo, a logica maggioritaria), di sistemi in attesa di intervento. Banche dati affidabilità. Analisi di sistemi tramite catene di Markov.

5. *Valutazione degli errori umani.* [2 ore]

Cause e tipi di errore umano. Modelli e dati per la stima dell'affidabilità umana.

6. *Danni all'ambiente.* [14 ore]

Uso irrazionale delle risorse, cattiva gestione del suolo e dei reflui (solidi, liquidi e gassosi).

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella preparazione di relazioni tecniche dai differenti contenuti. Gli argomenti trattati dovranno quindi essere presentati in modo schematico evitando la forma colloquiale. Per la loro stesura si dovranno seguire i principi di massima contenuti nel volume *Saper comunicare: cenni di scrittura tecnico scientifica*, pubblicato dall'Ateneo nel 1993. In particolare, in ogni relazione dovrà essere presente l'indice con l'adeguato livello di dettaglio. Questo deve contenere quanto meno lo scopo e la bibliografia e la lista dei simboli. Oltre agli aspetti sostanziali anche quelli formali di presentazione devono essere curati.

Il primo giorno di lezione il docente fornirà dettagliate istruzioni sui contenuti ed i tempi di consegna delle seguenti esercitazioni:

- Costituzione di un prototipo di banca dati incidenti e analisi di pericolosità.
- Applicazioni delle differenti metodologie di analisi dei rischi.
- Elaborazione di una specifica per omologazione di un prototipo.
- Analisi delle relazioni cause – effetti su un componente di macchina uscito di servizio.
- Relazione dettagliata su un tema ambientale o di sicurezza di interesse dell'allievo.

## BIBLIOGRAFIA

Parte del materiale didattico sarà messo a disposizione durante il corso.

*Norme per la prevenzione degli infortuni.*

N. Piccinini, *Affidabilità e sicurezza nell'industria chimica*, SCCFQIM, Barcellona, 1985.

S. Messina, N. Piccinini, G. Zappellini, *Valutazione probabilistica di rischio*, 3ASI.

D.A. Crowl, J.F. Louvar, *Chemical process safety*, Prentice-Hall, 1990.

## ESAME

L'esame, costituito da uno scritto e un orale, verte esclusivamente sul programma svolto a lezione, che pertanto può subire variazioni di anno in anno. Lo scritto è relativo solo alle applicazioni delle metodologie sull'analisi dei rischi (durata della prova: 3 ore; sono consultabili appunti, libri od esercizi svolti).

## M5450 **Tecnica della sicurezza elettrica**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)  
 Docente: Vito Carrescia

Il corso intende fornire agli allievi i fondamenti della tecnica della sicurezza elettrica, cioè i modi con cui rendere sicuro per le persone l'uso dell'energia elettrica. Dopo una panoramica sugli effetti della corrente elettrica sul corpo umano si studiano i sistemi di protezione contro i contatti diretti e indiretti, con e senza interruzione automatica del circuito. Si affronta anche il problema della protezione delle condutture contro le sovracorrenti, della sicurezza dei circuiti di comando, del sezionamento, dei luoghi con pericolo di esplosione, delle radiazioni non ionizzanti.

REQUISITI. *Elettrotecnica*

### PROGRAMMA

1. *Le basi legislative della sicurezza.*  
 Gli enti normatori nazionali e internazionali. La conformità alle norme degli apparecchi e degli impianti. Il diritto nazionale e internazionale nel settore elettrico. La marcatura CE. La legge 46/90 sulla sicurezza degli impianti. Il marchio di qualità, rapporto tra norme di legge e norme di buona tecnica. Applicabilità delle norme agli impianti preesistenti. Alcuni dati statistici sugli infortuni elettrici. [8 ore]
2. *Principi generali di sicurezza.*  
 Definizione di sicurezza e di rischio. Sicurezza di un sistema. Relazione tra sicurezza e affidabilità. Individuazione del livello di sicurezza accettabile. Il rischio indebito. L'errore umano. [4 ore]
3. *Brevi richiami di elettrofisiologia.*  
 Effetti pato-fisiologici della corrente elettrica sul corpo umano. Limiti di pericolosità della corrente elettrica. Resistenza elettrica del corpo umano. [4 ore]
4. *Il terreno come conduttore elettrico.*  
 La resistenza di terra. I potenziali sulla superficie del terreno. Dispensori in parallelo. Tensione totale e tensione di contatto a vuoto e a carico. [2 ore]
5. *Isolamento funzionale, principale, supplementare, rinforzato.*  
 Definizione di massa. Curva di sicurezza. Massa estranea. Classificazione dei sistemi elettrici in relazione alla tensione. [4 ore]
6. *Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi TT.*  
 Necessità della protezione differenziale. L'equipotenzialità. Il relè di tensione. Il conduttore di neutro nei sistemi TT. [4 ore]
7. *Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi TN.*  
 Rispetto della curva di sicurezza. Tensioni sul neutro. Il guasto non franco a terra. Reti pubbliche di distribuzione dell'energia: sistemi TT e TN. [4 ore]
8. *Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi IT.*  
 Sovratensioni per guasto resistivo e induttivo a terra. [2 ore]
9. *Protezione contro i contatti indiretti senza interruzione automatica del circuito.*  
 Trasformatore d'isolamento, apparecchi di classe seconda e di classe zero. [2 ore]
10. *Protezione contro i contatti indiretti in alta tensione.*  
 Dispensore profondo. Misura delle tensioni di contatto e di passo. Interfaccia con l'impianto di terra di bassa tensione. Messa a terra del neutro. Cenni all'esecuzione dell'impianto di terra. [4 ore]

11. *Protezione contro i contatti diretti: misure totali e parziali; passive e attive.* Isolamento, barriere e involucri. Gradi di protezione IP. Protezione contro i contatti diretti offerta dagli interruttori differenziali. [4 ore]
12. *Sistemi elettrici di categoria zero: bassissima tensione di sicurezza, di protezione e funzionale.* Confronto delle misure di protezione contro i contatti diretti e indiretti. Luoghi a maggior rischio elettrico, luoghi conduttori ristretti. [4 ore]
13. *Misure di protezioni particolari in ambiente medico.*  
*Microshock.* Sicurezza delle apparecchiature elettromedicali. Elettrobisturi. [2 ore]
14. *Sezionamento e comando.*  
Comando d'emergenza. Comando funzionale. L'interruttore generale. Interruzione per motivi non elettrici. Circuiti di comando: sicurezza contro l'azionamento intempestivo. [4 ore]
15. *Portata di un cavo.*  
Curva di sovraccaricabilità di un cavo. Dispositivi di protezione di sovracorrente. Requisiti del dispositivo di protezione contro il sovraccarico. [4 ore]
16. *Brevi richiami alla corrente di cortocircuito.*  
Sollecitazioni termiche in condizioni di cortocircuito. Requisiti del dispositivo di protezione contro cortocircuito. [4 ore]
17. *Applicazione dei dispositivi di protezione contro il sovraccarico ed il cortocircuito.*  
Dispositivo di protezione unico e dispositivi distinti. Protezione contro le sovracorrenti nei sistemi TT, TN e IT. [4 ore]
18. *Protezione dei motori contro il sovraccarico e il cortocircuito.*  
Requisiti dell'alimentazione di sicurezza, con particolare riferimento all'illuminazione di sicurezza. [4 ore]
19. *Classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione:*  
individuazione dei centri di pericolo, delle condizioni di ventilazione, della estensione e qualifica delle zone AD. [4 ore]
20. *Modi di protezione per le costruzioni elettriche da utilizzare in atmosfera esplosiva.*  
Tipi di impianti elettrici a sicurezza. Scelta del tipo di impianto adatto alla zona AD. [4 ore]

#### ESERCITAZIONI

1. Progetto dell'impianto di terra di una stazione di trasformazione. [4 ore]
2. Confronto e analisi delle misure di protezione contro i contatti diretti e indiretti. [4 ore]
3. Misure della resistenza di terra e delle tensioni di contatto di passo in una officina elettrica dell'ENEL. [4 ore]
4. Determinazione della lunghezza massima protetta di un circuito protetto da un fusibile. [4 ore]
5. Visita ai laboratori dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità e del Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano, Milano. [8 ore]

#### BIBLIOGRAFIA

V. Carrescia, *Fondamenti di sicurezza elettrica*, Hoepli.

# Tavola alfabetica dei docenti

Docente (*dipartimento*) // codice : *corso* [anno:periodo] // modalità di contatto con gli studenti

---

Prof. **Paolo Allia** (*Fisica*)

p. 13 M1901 : *Fisica I* [1:2]

TEL 564'7336. Orario di ricevimento: martedì 14:30-16:30, presso il dipartimento di Fisica.

Prof. **Claudio Badini** (*Scienza dei materiali e ing. chimica*)

p. 10 M0620 : *Chimica* [1:1]

TEL 564'4635. Orario di ricevimento: venerdì 16:30-17:30.

Prof. **Elena Baralis** (*Ing. automatica e informatica*)

p. 22 M4880 : *Sistemi di elaborazione* [2:2]

TEL 564'7075, EM baralis@polito.it. Orario di ricevimento: giovedì 10:30-11:30.

Prof. **Paolo Brandimarte** (*Sistemi di produzione ed economia dell'azienda*)

p. 66 M4350 : *Programmazione e controllo della produzione meccanica* [4:2]

Prof. **Anthos Bray** (*Sistemi di produzione ed economia dell'azienda*)

p. 55 M3540 : *Metrologia generale meccanica* [5:1]

Prof. **Luigi Buzzacchi** (*Sistemi di produzione ed economia dell'azienda*)

p. 49 M1490 : *Economia dell'impresa* [5:1]

50 M1500 : *Economia e gestione dei servizi* [4:2]

68 M4840 : *Sistemi di analisi finanziaria* [5:2]

TEL 564'7281. Orario di ricevimento: mercoledì 10:30-12:30, o per appuntamento telefonico.

Prof. **Vito Carrescia** (*Ing. elettrica industriale*)

p. 75 M5450 : *Tecnica della sicurezza elettrica* [5:1]

TEL 564'7144.

Prof. **Roberto Corradetti** (*Univ. degli studi di Torino*)

p. 70 M5175 : *Statistica aziendale + Marketing industriale* [4:2]

Prof. **Caterina Cumino** (*Matematica*)

p. 11 M2300 : *Geometria* [1:2]

TEL 564'7528, EM cumino@polito.it. Orario di ricevimento: due ore settimanali, secondo l'orario esposto nella bacheca del Dipartimento.

Docente (*dipartimento*) // codice : *corso* [anno:periodo] // modalità di contatto con gli studenti

---

Prof. **De Logli** (12)

p. 55 M3030 : *Istituzioni di diritto pubblico e privato* [3:2]

Prof. **Giorgio Faraggiana** (Ing. strutturale)

p. 29 M4605 : *Scienza delle costruzioni + Affidabilità e sicurezza delle costruzioni meccaniche* [3:1]

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

p. 45 M2460 : *Gestione industriale della qualità* [5:1]

TEL 564'7282. Orario di ricevimento: vedere la bacheca del Dipartimento.

Prof. **Muzio M. Gola** (Ing. meccanica)

p. 29 M4605 : *Scienza delle costruzioni + Affidabilità e sicurezza delle costruzioni meccaniche* [3:1]

Prof. **Antonio Lioy** (Ing. automatica e informatica)

p. 15 M2170 : *Fondamenti di informatica* [1:2]

TEL 564'7021, EM a.lioy@polito.it.

Prof. **Franco Lombardi** (Sistemi di produzione ed economia dell'azienda)

p. 46 M3730 : *Modelli funzionali per l'industria meccanica* [5:1]

TEL 564'7233. Orario di ricevimento: pubblicato in bacheca del CCL in Ing. gestionale ad ogni inizio di semestre.

Prof. **Salvatore Mancò** (Energetica)

p. 32 M1811 : *Energetica 1 + Sistemi energetici 1* [3:2]

50 M1812 : *Energetica 2 + Sistemi energetici 2* [4:2]

TEL 564'4451. Orario di ricevimento: esposto in bacheca.

Prof. **Vittorio Marchis** (Ing. meccanica)

p. 24 M1660 : *Elementi di meccanica teorica e applicata* [2:2]

71 A3155 : *Storia della tecnologia* [5:1]

TEL 564'6924 (con segreteria), EM marchis@polito.it. Orario di ricevimento: lunedì 9:00-12:00 (gli studenti allievi in corso sono pregati di fare direttamente riferimento al docente presentando in aula, per iscritto, le domande e le richieste di chiarimento).

Prof. **Giuseppe Menga** (Ing. automatica e informatica)

p. 31 M0840 : *Controlli automatici* [3:1]

TEL 564'7012, EM menga@polito.it. Orario di ricevimento: nella mezz'ora successiva alle lezioni, oppure su appuntamento.

Prof. **Armando Monte** (Sistemi di produzione ed economia dell'azienda)

p. 48 M2370 : *Gestione dei progetti di impianto* [5:2]

Orario di ricevimento: verrà comunicato in seguito.

Docente (dipartimento) // codice : corso [anno:periodo] // modalità di contatto con gli studenti

---

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

p. 39 M 5020 : *Sistemi integrati di produzione* [4:1]

Prof. **Nicola Nervegna** (*Energetica*)

p. 59 M 3850 : *Oleodinamica e pneumatica* [5:2]

TEL 564'4432. Orario di ricevimento: sempre disponibile, previo contatto telefonico (o personale durante le ore di didattica).

Prof. **Maria Franca Norese** (*Sistemi di produzione ed economia dell'azienda*)

p. 36 M 4550 : *Ricerca operativa* [4:1]

TEL 564'7279. Orario di ricevimento: venerdì 10:00-11:00, o previo appuntamento.

Prof. **Claudio Oldano** (*Fisica*)

p. 19 M 1902 : *Fisica 2* [2:1]

TEL 564'7330. Orario di ricevimento: 3 ore alla settimana nel 1. periodo didattico, 2 ore alla settimana nel 2. per. did., in ore ed aule da concordare all'inizio di ogni per. did. sulla base dell'orario.

Prof. **Annamaria Orsi Palamara** (*Matematica*)

p. 17 M 0510 : *Calcolo numerico* [2:1]

TEL 564'7507. Orario di ricevimento: viene esposto in bacheca all'inizio di ogni periodo didattico.

Prof. **Anna Ostanello** (*Sistemi di produzione ed economia dell'azienda*)

p. 57 M 3740 : *Modelli per il supporto alle decisioni* [5:2]

Orario di ricevimento: martedì 16:30-18:30, venerdì 14:30-17:30. Tale orario sarà modificato non appena partirà il laboratorio LEP (presso cui il docente sarà reperibile, secondo orario da definire).

Prof. **Giorgio Pellicelli** (*Univ. degli studi di Torino*)

p. 70 M 5175 : *Statistica aziendale + Marketing industriale* [4:2]

Prof. **Giovanni Perotti** (*Sistemi di produzione ed economia dell'azienda*)

p. 62 M 3950 : *Plasticità e lavorazioni per deformazione plastica* [5:2]

Orario di ricevimento: ogniqualevolta richiesto, previo accordo.

Prof. **Norberto Piccinini** (*Scienza dei materiali e ing. chimica*)

p. 73 M 5440 : *Tecnica della sicurezza ambientale* [5:2]

N. Piccinini: TEL 564'4654, Orario di ricevimento: martedì 16:30-18:30. I. Mazzarino: TEL 564'4555, Orario di ricevimento: giovedì 16:30-18:30. G. Sassi: TEL 564'4654, Orario di ricevimento: martedì 15:30-17:30.

Docente (*dipartimento*) // codice : *corso* [anno:periodo] // modalità di contatto con gli studenti

---

Prof. **Federico Piglione** (*Ing. elettrica industriale*)

- p. 27 M 179 5 : *Elettrotecnica + Elettronica applicata* [3:1]  
 41 M 496 0 : *Sistemi elettrici industriali* [4:2]

TEL 564'7133. Orario di ricevimento: da stabilire, o su appuntamento.

Prof. **Giovanni Podda** (*Sistemi di produzione ed economia dell'azienda*)

- p. 21 M 138 0 : *Disegno assistito dal calcolatore* [2:1]  
 64 M 409 0 : *Produzione assistita da calcolatore* [5:1]

TEL 564'7239. Orario di ricevimento: martedì e venerdì 10:30-12:30.

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

- p. 38 M 153 1 : *Economia ed organizzazione aziendale 1* [4:1]  
 35 M 156 0 : *Economia politica* [3:2]

TEL 564'7276. Orario di ricevimento: lunedì durante il periodo delle lezioni, mercoledì negli altri periodi.

Prof. **Ricciardi** (*Ing. automatica e informatica*)

- p. 69 M 501 0 : *Sistemi informativi* [5:1]

Prof. **Sergio Rossetto** (*Sistemi di produzione ed economia dell'azienda*)

- p. 40 M 153 2 : *Economia ed organizzazione aziendale 2* [4:2]

TEL 564'7262. Orario di ricevimento: mercoledì 10:30-12:30.

Prof. **Annarosa Scarafiotti** (*Matematica*)

- p. 9 M 023 1 : *Analisi matematica 1* [1:1]

TEL 564'7505. Orario di ricevimento: 1. periodo didattico: mercoledì 10:30-11:30; 2. per. did.: da stabilire.

Prof. **Francesco Spirito** (*Sistemi di produzione ed economia dell'azienda*)

- p. 44 M 272 0 : *Impianti industriali* [4:2]

Prof. **Armando Tuberga** (*Energetica*)

- p. 32 M 181 1 : *Energetica 1 + Sistemi energetici 1* [3:2]  
 50 M 181 2 : *Energetica 2 + Sistemi energetici 2* [4:2]

TEL 564'4435. Orario di ricevimento: esposto in bacheca.

Prof. **Grazia Vicario** (*Matematica*)

- p. 25 M 350 0 : *Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici* [2:2]

Prof. **Agostino Villa** (*Sistemi di produzione ed economia dell'azienda*)

- p. 72 M 539 0 : *Studi di fabbricazione* [5:2]

TEL 564'7233. Orario di ricevimento: pubblicato in bacheca del CCL in Ing. gestionale ad ogni inizio di semestre.



# Tavola alfabetica degli insegnamenti

<i>p.</i>	<i>codice</i>	<i>corso [anno:periodo] // docenti</i>
9	M 023 1	Analisi matematica 1 [1:1] Prof. Annarosa Scarafiotti
17	M 051 0	Calcolo numerico [2:1] Prof. Annamaria Orsi Palamara
10	M 062 0	Chimica [1:1] Prof. Claudio Badini
31	M 084 0	Controlli automatici [3:1] Prof. Giuseppe Menga
21	M 138 0	Disegno assistito dal calcolatore [2:1] Prof. Giovanni Podda
49	M 149 0	Economia dell'impresa [5:1] Prof. Luigi Buzzacchi
50	M 150 0	Economia e gestione dei servizi [4:2] Prof. Luigi Buzzacchi
38	M 153 1	Economia ed organizzazione aziendale 1 [4:1] Prof. Piercarlo Ravazzi
40	M 153 2	Economia ed organizzazione aziendale 2 [4:2] Prof. Sergio Rossetto
35	M 156 0	Economia politica [3:2] Prof. Piercarlo Ravazzi
24	M 166 0	Elementi di meccanica teorica e applicata [2:2] Prof. Vittorio Marchis
27	M 179 5	Elettrotecnica + Elettronica applicata (integrato) [3:1] Prof. Federico Piglione
32	M 181 1	Energetica 1 + Sistemi energetici 1 (integrato) [3:2] Prof. Salvatore Mancò, Armando Tuberga
50	M 181 2	Energetica 2 + Sistemi energetici 2 (integrato, ridotto) [4:2] Prof. Salvatore Mancò, Armando Tuberga
13	M 190 1	Fisica 1 [1:2] Prof. Paolo Allia
19	M 190 2	Fisica 2 [2:1] Prof. Claudio Oldano
15	M 217 0	Fondamenti di informatica [1:2] Prof. Antonio Liroy
11	M 230 0	Geometria [1:2] Prof. Caterina Cumino
48	M 237 0	Gestione dei progetti di impianto [5:2] Prof. Armando Monte
52	M 238 0	Gestione dei servizi energetici [5:2]
45	M 246 0	Gestione industriale della qualità [5:1] Prof. Fausto Galetto

<i>p.</i>	<i>codice</i>	<i>corso [anno:periodo] // docenti</i>
44	M 272 0	Impianti industriali [4:2] Prof. Francesco Spirito
53	M 278 0	Impianti per la cogenerazione ed il risparmio energetico [5:1]
54	M 282 0	Impianti termotecnici [5:2]
54	M 286 0	Informatica industriale [5:1]
55	M 303 0	Istituzioni di diritto pubblico e privato [3:2] Prof. De Logli
25	M 350 0	Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici [2:2] Prof. Grazia Vicario
55	M 354 0	Metrologia generale meccanica [5:1] Prof. Anthos Bray
46	M 373 0	Modelli funzionali per l'industria meccanica [5:1] Prof. Franco Lombardi
57	M 374 0	Modelli per il supporto alle decisioni [5:2] Prof. Anna Ostanello
58	M 377 0	Modelli per l'organizzazione e la gestione dei sistemi [5:2]
59	M 385 0	Oleodinamica e pneumatica [5:2] Prof. Nicola Nervegna
62	M 395 0	Plasticità e lavorazioni per deformazione plastica [5:2] Prof. Giovanni Perotti
64	M 409 0	Produzione assistita da calcolatore [5:1] Prof. Giovanni Podda
66	M 435 0	Programmazione e controllo della produzione meccanica [4:2] Prof. Paolo Brandimarte
36	M 455 0	Ricerca operativa [4:1] Prof. Maria Franca Norese
29	M 460 5	Scienza delle costruzioni + Affidabilità e sicurezza delle costruzioni meccaniche (integrato) [3:1] Prof. Giorgio Faraggiana, Muzio M. Gola
67	M 474 0	Sicurezza e analisi di rischio [5:2]
68	M 484 0	Sistemi di analisi finanziaria [5:2] Prof. Luigi Buzzacchi
22	M 488 0	Sistemi di elaborazione [2:2] Prof. Elena Baralis
41	M 496 0	Sistemi elettrici industriali [4:2] Prof. Federico Piglione
69	M 501 0	Sistemi informativi [5:1] Prof. Ricciardi
39	M 502 0	Sistemi integrati di produzione [4:1] Prof. Giuseppe Murari
70	M 517 5	Statistica aziendale + Marketing industriale (integrato) [4:2] Prof. Roberto Corradetti, Giorgio Pellicelli

*p.      codice      corso [anno:periodo] // docenti*

---

- 71    A 315 5    Storia della tecnologia [5:1]  
                 Prof. Vittorio Marchis
- 72    M 539 0    Studi di fabbricazione [5:2]  
                 Prof. Agostino Villa
- 73    M 544 0    Tecnica della sicurezza ambientale [5:2]  
                 Prof. Norberto Piccinini
- 75    M 545 0    Tecnica della sicurezza elettrica [5:1]  
                 Prof. Vito Carrescia