



## SOMMARIO

**POLITECNICO  
DI TORINO**

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA	5
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI	25
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI IMPARTITI A MONDOVI	211
PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE DELLE	
INDICE ALFABETICO PER INSEGNAMENTO	

# INGEGNERIA MECCANICA

Guida  
ai programmi  
dei corsi  
2000/2001



POLITECNICO  
DI TORINO

# INGEGNERIA MECCANICA

Edito a cura del SERVIZIO GESTIONE DIDATTICA  
Politecnico di Torino  
Corso Duca degli Abruzzi 24 - 10129 Torino - Tel. 564.6254

Stampato dalla AGIT - TORINO nel mese di Luglio 2000

## II INTRODUZIONE ALLA GUIDA AI PROGRAMMI

Lo scopo fondamentale del presente opuscolo è quello di orientare gli studenti nella scelta dei piani di studio. Nella guida sono contenuti i programmi dei corsi obbligatori e facoltativi per permettere agli studenti di poter decidere con chiarezza anno per anno circa adeguare le scelte del piano di studio a seguito delle verifiche delle proprie attitudini.

Le guide ai programmi dell'anno 1999/2000 introducono il valore in crediti e l'articolazione in moduli di quasi tutti i corsi, questo perché sono il primo passo verso il cambiamento del sistema universitario italiano che adopererà i propri percorsi formativi a quanto concordato a livello europeo.

Si consiglia di leggere l'opuscolo "L'Università sta cambiando" pubblicato sul Manifesto degli Studi, così come l'opuscolo sulle Istruzioni relative alla trasformazione dei corsi universitari.

### SOMMARIO

<u>CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA</u>	<u>8</u>
<u>PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI</u>	<u>25</u>
<u>PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI IMPARTITI A MONDOVÌ</u>	<u>211</u>
<u>PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE DELLE SCIENZE UMANISTICHE</u>	<u>227</u>
<u>INDICE ALFABETICO PER INSEGNAMENTO</u>	<u>251</u>

Nel nuovo sistema i moduli didattici rappresentano per molti degli attuali corsi una suddivisione del programma precedente, quindi aumenterà la possibilità di combinare in modo più articolato le diverse materie.

Supponendo che un attuale corso venga suddiviso in tre moduli, in molti casi sarà sufficiente scegliere solo un modulo o due a seconda del percorso scelto, vi saranno moduli obbligatori e moduli facoltativi, e saranno previste precure.

I moduli indicati in questa guida rappresentano la prima fase di trasformazione della didattica ma non sono ancora validi come singoli moduli didattici, se fini della predisposizione dei piani di studio.

Ai fini della definizione del carico didattico e per la formazione delle graduatorie per l'accesso alle iniziative di sostegno al diritto allo studio è stato deciso di assegnare il valore di 10 crediti a tutti i corsi annuali e di 5 crediti a tutti i corsi bienni.

Resta invariata la norma che prevede per conseguire la Laurea il superamento di 24 esami indipendentemente dal numero di esami aggiuntivi.

Lo scopo fondamentale del presente opuscolo è quello di orientare gli studenti nella scelta dei piani di studio. Nella guida sono contenuti i programmi dei corsi obbligatori e facoltativi per permettere agli studenti di poter decidere con chiarezza anno per anno come adeguare le scelte del piano di studio a seguito delle verifiche delle proprie attitudini.

Le guide ai programmi dell'anno 1999/2000 introducono il valore in crediti e l'articolazione in moduli di quasi tutti i corsi, queste novità sono il primo passo verso il cambiamento del sistema universitario italiano che adeguerà i propri percorsi formativi a quanto concordato a livello europeo.

Si consiglia la lettura del capitolo "L'università sta cambiando" pubblicato sul Manifesto degli Studi, ove sono riportate tutte le informazioni relative alla trasformazione dei corsi universitari.

### **Cosa sono i crediti**

Per gli studi politecnici un credito didattico corrisponderà, per un allievo di medie capacità, a circa trenta ore di attività didattica comprensive delle ore di lezione, esercitazione, laboratorio e studio individuale. L'indicazione di massima è che per conseguire il titolo di I livello (attuale diploma universitario) occorrerà acquisire circa 180 crediti e che per il titolo di II livello (attuale laurea) ne occorreranno circa 300, tenendo conto che anche la preparazione e la discussione della tesi costituirà un valore in crediti.

Il parametro di riferimento è quello di acquisire circa sessanta crediti annuali.

### **Cosa sono i moduli didattici**

Nel nuovo sistema i moduli didattici rappresenteranno per molti degli attuali corsi una suddivisione del programma precedente, quindi aumenterà la possibilità di combinare in modo più articolato le diverse materie.

Supponendo che un attuale corso venga suddiviso in tre moduli, in molti casi sarà sufficiente scegliere solo un modulo o due a secondo del percorso scelto; vi saranno moduli obbligatori e moduli facoltativi, e saranno previste precedenzae.

I moduli indicati in questa guida rappresentano la prima fase di trasformazione della didattica ma non sono ancora validi come singoli moduli didattici, ai fini della predisposizione dei piani di studio.

Ai fini della definizione del carico didattico e per la formazione delle graduatorie per l'accesso alle iniziative di sostegno al diritto allo studio è stato deciso di assegnare il valore di **10 crediti** a tutti i **corsi annuali** e di **5 crediti** a tutti i **corsi ridotti**.

Resta invariata la norma che prevede per conseguire la Laurea il superamento di 29 annualità indipendentemente dal numero di crediti raggiunto.

**PROFILO PROFESSIONALE**

Nel modificare i già numerosi piani di studio corrispondenti al precedente ordinamento per formulare piani di studio in accordo con l'ordinamento generale degli studi di ingegneria entrato in vigore in Italia nel 1989, il Consiglio di Corso di Laurea in *Ingegneria meccanica* ha previsto un organico insieme di insegnamenti, in grado di fornire agli allievi una solida cultura di base e l'acquisizione dei metodi di studio e di lavoro necessari per lo svolgimento dell'attività di ingegnere industriale meccanico: tenendo conto della lunga ed apprezzata tradizione culturale dell'insegnamento dell'ingegneria meccanica nel Politecnico di Torino, senza sacrificare gli insegnamenti base tipici del corso di laurea, si è arricchito il *curriculum* di studi con quelle discipline che si sono rese necessarie, sia per semplici motivi di aggiornamento culturale, sia per consentire di affrontare problemi multisettoriali, sia per porre l'ingegnere meccanico in condizione di collaborare efficacemente con ingegneri e tecnici di altra area culturale.

Gli sbocchi professionali previsti per l'ingegnere meccanico sono offerti in larga misura dalle industrie, di piccole, medie e grandi dimensioni, e non soltanto da quelle operanti nel settore meccanico, ma anche da quelle operanti nei settori elettrotecnico, aeronautico ed aerospaziale, chimico, etc. In esse l'ingegnere meccanico ha notevoli possibilità di intervento nei settori: ricerca e sviluppo, progettazione, conduzione e gestione di processi produttivi e di grandi impianti. Neolaureati in *Ingegneria meccanica* vengono sempre più assunti da società di consulenza aziendali, anche operanti in settori non esclusivamente meccanici, e non mancano le possibilità di esercizio della libera professione, spesso come consulente di enti ed imprese, ovvero quella di impiego presso centri di ricerca pubblici e privati, o presso amministrazioni pubbliche diverse.

Considerando tali prospettive di attività, sono stati ideati piani di studio volti a preparare un ingegnere meccanico che presenti le seguenti caratteristiche:

- sia dotato di una solida preparazione ad ampio spettro che gli consenta di intervenire nella grande varietà di attività ingegneristiche appena citate, con una preparazione mirata a sviluppare le capacità di interpretazione e di schematizzazione di fenomeni fisici anche complessi;
- sia dotato di una cultura matematica tale da consentirgli di affrontare con i moderni strumenti matematici, in modo analitico e numerico, problemi anche di tipo probabilistico;
- abbia la capacità di analizzare le complessità dei fenomeni e di sintetizzarle in modelli di tipo comportamentale e funzionale;
- sia in grado di intendere ragionamenti ed esigenze dei tecnici di altra area culturale;
- sia in grado di inquadrare i processi produttivi del settore in cui opera nel quadro economico locale e nell'ambito della specifica politica economica nazionale.

## ■ INSEGNAMENTI OBBLIGATORI

Il riordino degli insegnamenti impartiti nelle Facoltà di ingegneria stabilito dal Decreto del Presidente della Repubblica del 20.5.1989 ha istituito un corso di laurea in *Ingegneria meccanica* articolato in sette indirizzi riconosciuti in sede nazionale:

- *Automazione industriale e robotica;*
- *Biomedica;*
- *Costruzioni;*
- *Energia*
- *Materiali (non attivato nel Politecnico di Torino);*
- *Produzione;*
- *Veicoli terrestri;*

consentendo però inoltre alle singole Facoltà di definire anche altri piani di studio (*curriculum*), con egual numero di esami, denominati *orientamenti*, consentendo così di meglio soddisfare particolari esigenze culturali e di preparazione professionale degli allievi delle singole sedi universitarie, o meglio sfruttare le competenze tecniche e scientifiche acquisite dal corpo docente di ogni sede.

Il nostro Consiglio di Corso di Laurea ha deciso di organizzare gli studi in modo da portare al conseguimento del diploma di laurea sia attraverso piani di studio corrispondenti ad indirizzi riconosciuti in sede nazionale, sia mediante orientamenti definiti dal nostro Consiglio di Corso di Laurea, che consentono di conservare nel nuovo ordinamento piani di studio di provata utilità e riconosciuto interesse, o prevedere fin da adesso l'istituzione di piani di studio mirati a nuove e particolari esigenze professionali.

Per obbligo generale vigente sul piano nazionale, ovvero per meditata scelta del nostro Consiglio di Corso di Laurea, ratificata dal Consiglio di Facoltà del nostro Politecnico, sono stati stabiliti come obbligatori 24 insegnamenti.

Il numero di esami (annualità) prescritto (29) viene raggiunto con l'inserimento, al quarto e quinto anno di corso, di 5 materie di indirizzo, delle quali 3 prestabilite per ciascun indirizzo, e 2 da scegliersi in un gruppo di materie proposte, seguendo i criteri specifici che saranno indicati con i *Manifesti degli studi* pubblicati per ogni anno accademico.

Analogamente, per il conseguimento del diploma con *curriculum* corrispondente ad un orientamento locale, sono prestabilite 3 materie per ogni orientamento, mentre le rimanenti 2 materie dovranno essere scelte, seguendo le indicazioni dei *Manifesti degli studi*, da appositi elenchi; per due degli orientamenti sono invece prestabiliti quattro insegnamenti, mentre la ventinovesima materia potrà essere scelta in un elenco di materie opzionali.

I titoli dei 24 insegnamenti comuni e la collocazione dei diversi insegnamenti nei vari anni di corso sono indicati nelle due tavole che seguono. Commentandole, si osserva innanzitutto che il classico gruppo di discipline fisico-matematiche (*Analisi Matematica 1 e 2, Geometria e Meccanica razionale*), destinato a fornire un base culturale propedeutica, è stato mantenuto, sia pure con opportuna revisione dei programmi specifici, mantenendo anche la collocazione tradizionale nei primi due anni di corso; nel primo anno di corso sono collocate la *Chimica* ed una prima specifica disciplina dell'ingegneria meccanica, *Disegno tecnico industriale*, che fornisce le prime conoscenze per l'interpretazione e l'esecuzione di disegni industriali.

Nel primo Periodo del secondo anno trova collocazione la nuova ma indispensabile materia *Fondamenti di informatica*, destinata a fornire agli allievi le conoscenze in tale campo oggi necessarie ad ogni tipo di ingegnere, mentre nel secondo Periodo, nel corso integrato di *Elettrotecnica/Macchine elettriche*, vengono impartite le nozioni fondamentali in tali settori disciplinari, che eventualmente potranno essere ampliate ed approfondite nell'ambito dei corsi di indirizzo od orientamento. Sempre in tale Periodo è collocato l'insegnamento ridotto di *Tecnologia dei materiali e chimica applicata*, che, insieme al successivo corso ridotto di *Tecnologia dei materiali metallici*, fornisce le conoscenze indispensabili nel settore dei materiali.

Il terzo anno prevede invece quattro materie base classiche dell'ingegneria meccanica: *Scienza delle costruzioni*, *Fisica tecnica*, *Meccanica applicata alle macchine* e *Meccanica dei fluidi* (nuova denominazione, conseguenza di un attento e più preciso e puntuale adeguamento del programma del corso alle specifiche esigenze del corso di laurea in Ingegneria meccanica, della tradizionale *Idraulica*) ed alcuni corsi di nuova istituzione: il corso integrato di *Controlli automatici/Elettronica applicata*, destinato a fornire le nozioni indispensabili nei settori dell'elettronica e dei sistemi di controllo, ed il corso integrato di *Disegno di macchine/Tecnologia meccanica*, nato da una revisione ed integrazione degli insegnamenti di *Disegno meccanico* e *Tecnologia meccanica* tradizionalmente impartiti.

Nel quarto e quinto anno, accanto agli insegnamenti di indirizzo o di orientamento, sono previste le materie applicative di interesse comune: *Macchine 1 e 2* (ovvero una coppia di insegnamenti della stessa area culturale), *Tecnologia meccanica*, *Costruzione di macchine* e *Principi e metodologie della progettazione meccanica*, *Impianti meccanici*, nonché la materia a carattere economico-organizzativo, obbligatoria sul piano nazionale, nel nostro corso di laurea denominata *Economia ed organizzazione aziendale*, ed opportunamente collocata a conclusione del ciclo formativo dell'allievo ingegnere.

## Primo anno (non attivato)

P. D.		Titolo
1	P0231	Analisi matematica I
1	P0620	Chimica
2	P2300	Geometria
2	P1901	Fisica generale I
2	P2173	Fondamenti di informatica (r)

## Secondo anno

P. D.		Titolo
1	P0232	Analisi matematica II
1	P1902	Fisica generale II
1	P1430	Disegno tecnico industriale
2	P3370	Meccanica razionale
2	P1795	Elettrotecnica/Macchine elettriche (i)
2	P0846	Controlli automatici/Elettronica industriale (i)

## Terzo anno

P. D.		Titolo
1	P4600	Scienza delle costruzioni
1	P3230	Meccanica dei fluidi
1	P1405	Disegno di macchine/Tecnologia meccanica (i)
2	P3210	Meccanica applicata alle macchine
2	P2060	Fisica tecnica
2	P5575	Tecnologia dei materiali e chimica applicata/ Tecnologia dei materiali metallici (i)

## Quarto anno

P. D.		Titolo
1	P5640	Tecnologia meccanica
1	P3111	Macchine I (*)
1	(P3110)	Macchine (*)
2	P0940	Costruzione di macchine
2	P3112	Macchine II (*)
2	P2174	Fondamenti di informatica II (r)

## Quinto anno

P. D.		Titolo
1	P4020	Principi e metodologie della progettazione meccanica
1	P2730	Impianti meccanici
1	P3840	Motori termici per trazione
2	P1530	Economia ed organizzazione aziendale
2	(P3850)	Oleodinamica e pneumatica (*)
2	(P5130)	Sperimentazione sulle macchine (*)

(i) Corso integrato.

(r) Corso ridotto.

(\*) È possibile scegliere, in alternativa, i due insegnamenti di Macchine I (P3111, 4° anno, 1° p.d.) e Macchine II (4° anno, 2° p.d.) oppure, rispettivamente, l'insegnamento di Macchine (P3110, 4° anno, 1° p.d.) ed uno fra i seguenti: Motori termici per trazione (P3840, 5° anno, 1° p.d.), Oleodinamica e pneumatica (P3850, 5° anno, 2° p.d.), Sperimentazione sulle macchine (P5130, 5° anno, 2° p.d.). La scelta fra questi ultimi insegnamenti va fatta fra quelli che già compaiono nell'indirizzo o orientamento seguito. Ove uno o più dei tre insegnamenti anzidetti sia già obbligatorio per l'indirizzo o orientamento, la scelta dell'insegnamento da abbinare a Macchine (P3110) va fatta fra gli altri che compaiono, nel successivo progetto dei corsi di indirizzo o orientamento, con due asterischi (\*\*).

## ■ PROSPETTO DEGLI INSEGNAMENTI DI INDIRIZZO OD ORIENTAMENTO

Il piano di studio deve essere completato da un gruppo di insegnamenti, collocati nel 4° e 5° anno di corso e corrispondenti ad almeno 5 annualità, appartenenti ad un medesimo indirizzo o orientamento fra quelli sottoelencati. Per ogni indirizzo o orientamento sono indicate le collocazioni negli anni e nei periodi didattici dei singoli insegnamenti e quali di essi siano obbligatori.

Le note segnalate con \*, \*\*, sono riportate alla fine del prospetto.

### Indirizzo Automazione industriale e robotica

Insegnamenti obbligatori

P. D.		Titolo
IV	1	<b>P0350</b> Automazione a fluido
	2	<b>P3410</b> Meccatronica
V	1	<b>P3280</b> Meccanica dei robot

Insegnamenti opzionali

IV	1	<b>P7210</b> Elettronica industriale
	1	<b>P3130</b> Macchine elettriche
	1	<b>P3540</b> Metrologia generale meccanica
	1	<b>P3710</b> Misure termiche e regolazioni
	2	<b>P0290</b> Applicazioni industriali elettriche
V	1	<b>P0390</b> Azionamenti elettrici per l'automazione (1)
	2	<b>P0890</b> Conversione statica dell'energia
	2	<b>P3850</b> Oleodinamica e pneumatica **
	2	<b>P5130</b> Sperimentazione sulle macchine **

(1) Propedeutico l'insegnamento P3130 Macchine elettriche

### Indirizzo Biomedica

Insegnamenti obbligatori

P. D.		Titolo
IV	1	<b>P0350</b> Automazione a fluido
IV	2	<b>P0450</b> Biomeccanica
V	2	<b>P1040</b> Costruzioni biomeccaniche

Insegnamenti opzionali

IV	1	<b>P3540</b> Metrologia generale meccanica
	1	<b>P3265</b> Meccanica dei materiali/Metallurgia meccanica (i)
	1	<b>P2050</b> Fisica superiore
	1	<b>P0440</b> Biomateriali
	2	<b>P0510</b> Calcolo numerico
	2	<b>P2080</b> Fluidodinamica
	2	<b>P3410</b> Meccatronica
V	1	<b>PA310</b> Progettazione e costruzione di sistemi meccanici

- |   |              |   |
|---|--------------|---|
| 1 | <b>P4630</b> | Scienza e tecnologia dei materiali ceramici |
| 1 | <b>P5450</b> | Tecnica della sicurezza elettrica           |
| 2 | <b>P3850</b> | Oleodinamica e pneumatica **                |
| 2 | <b>P5130</b> | Sperimentazione sulle macchine **           |
| 2 | <b>P3420</b> | Metallurgia                                 |

## **Indirizzo Costruzioni**

Insegnamenti obbligatori

- | P. D. |   | <b>Titolo</b>  |
|-------|---|--|
| IV    | 1 | <b>P3265</b> Meccanica dei materiali/Metallurgia meccanica (i) |
|       | 2 | <b>P3410</b> Meccatronica                                      |
| V     | 1 | <b>PA310</b> Progettazione e costruzione di sistemi meccanici  |
|       | 2 | <b>P5470</b> Tecnica delle costruzioni meccaniche              |

Insegnamenti opzionali

- |    |   |   |
|----|---|---|
| IV | 1 | <b>P3540</b> Metrologia generale meccanica                    |
|    | 2 | <b>P0510</b> Calcolo numerico                                 |
|    | 2 | <b>PA600</b> Meccanica superiore                              |
| V  | 1 | <b>P4630</b> Scienza e tecnologia dei materiali ceramici      |
|    | 2 | <b>P0980</b> Costruzioni di materiale ferroviario             |
|    | 2 | <b>P1040</b> Costruzioni biomeccaniche                        |
|    | 2 | <b>P3850</b> Oleodinamica e pneumatica **                     |
|    | 2 | <b>P4270</b> Progetto delle carrozzerie                       |
|    | 2 | <b>P5110</b> Sperimentazione ed affidabilità dell'autoveicolo |
|    | 2 | <b>P5130</b> Sperimentazione sulle macchine **                |
|    | 2 | <b>P3420</b> Metallurgia                                      |

## **Indirizzo Energia**

Insegnamenti obbligatori

- | P. D. |   | <b>Titolo</b>                             |
|-------|---|---|
| IV    | 2 | <b>P1810</b> Energetica                   |
| V     | 1 | <b>P3360</b> Meccanica delle vibrazioni * |
| V     | 2 | <b>P3850</b> Oleodinamica e pneumatica *  |

Insegnamenti opzionali

- |    |   |  |
|----|---|--|
| IV | 1 | <b>P1070</b> Costruzioni idrauliche              |
|    | 1 | <b>P3710</b> Misure termiche e regolazioni       |
|    | 1 | <b>P6030</b> Trasmissione del calore             |
|    | 2 | <b>P0290</b> Applicazioni industriali elettriche |
|    | 2 | <b>P0510</b> Calcolo numerico                    |
|    | 2 | <b>P2080</b> Fluidodinamica                      |
| V  | 1 | <b>P1165</b> Criogenia/Tecnica del freddo (i)    |
|    | 1 | <b>P3840</b> Motori termici per trazione **      |
|    | 1 | <b>P5410</b> Tecnica del controllo ambientale    |
|    | 2 | <b>P0030</b> Acustica applicata                  |
|    | 2 | <b>P2820</b> Impianti termotecnici               |
|    | 2 | <b>P5130</b> Sperimentazione sulle macchine **   |
|    | 2 | <b>P6000</b> Termotecnica                        |

## **Indirizzo Produzione**

### Insegnamenti obbligatori

P. D.		Titolo
IV	1	<b>P0350</b> Automazione a fluido
V	1	<b>P4090</b> Produzione assistita dal computer
V	2	<b>P5720</b> Tecnologie speciali

### Insegnamenti opzionali

IV	1	<b>P2050</b> Fisica superiore
	1	<b>P3540</b> Metrologia generale meccanica
	2	<b>P3500</b> Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici
	2	<b>P3950</b> Plasticità e lavorazioni per deformazione plastica
V	1	<b>P2460</b> Gestione industriale della qualità (1)
	1	<b>P3840</b> Motori termici per trazione **
	1	<b>P4630</b> Scienza e tecnologia dei materiali ceramici
	2	<b>P3850</b> Oleodinamica e pneumatica **
	2	<b>P5130</b> Sperimentazione sulle macchine **
	2	<b>P3420</b> Metallurgia

- (1) Solo se preceduto da P3540 Metrologia generale meccanica ovvero P3500 Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici.

## **Indirizzo Veicoli terrestri**

### Insegnamenti obbligatori

P. D.		Titolo
IV	1	<b>P0920</b> Costruzione di autoveicoli
IV	2	<b>P3290</b> Meccanica del veicolo
V	1	<b>P3840</b> Motori termici per trazione

### Insegnamenti opzionali

IV	1	<b>P3540</b> Metrologia generale meccanica
	1	<b>P3265</b> Meccanica dei materiali/Metallurgia meccanica (i)
	2	<b>PA600</b> Meccanica superiore
	2	<b>P2080</b> Fluidodinamica
V	1	<b>P3360</b> Meccanica delle vibrazioni
	1	<b>PA310</b> Progettazione e costruzione di sistemi meccanici
	2	<b>P4630</b> Scienza e tecnologia dei materiali ceramici
	2	<b>P0980</b> Costruzione di materiale ferroviario
	2	<b>P3850</b> Oleodinamica e pneumatica **
	2	<b>P4270</b> Progetto delle carrozzerie
	2	<b>P5110</b> Sperimentazione e affidabilità dell'autoveicolo
	2	<b>P5130</b> Sperimentazione sulle macchine **
	2	<b>P5720</b> Tecnologie speciali
	2	<b>P3420</b> Metallurgia

## **Orientamento Azionamenti industriali**

### Insegnamenti obbligatori

P. D.		Titolo
IV	1	<b>P0350</b> Automazione a fluido
IV	2	<b>P0290</b> Applicazioni industriali elettriche

V	1	<b>P3130</b>	Macchine elettriche (1)
V	2	<b>P3850</b>	Oleodinamica e pneumatica

#### Insegnamenti opzionali

IV	1	<b>P3540</b>	Metrologia generale meccanica
	2	<b>P3410</b>	Meccatronica
V	1	<b>P3280</b>	Meccanica dei robot
	2	<b>P0390</b>	Azionamenti elettrici per l'automazione
	2	<b>P5110</b>	Sperimentazione e affidabilità dell'autoveicolo
	2	<b>P5130</b>	Sperimentazione sulle macchine **

(1) Insegnamento obbligatorio solo quando si inserisce P0390 Azionamenti elettrici per l'automazione.

### **Orientamento Ferroviario**

#### Insegnamenti obbligatori

P. D.		Titolo
IV	1	<b>P0350</b> Automazione a fluido
IV	2	<b>P0290</b> Applicazioni industriali elettriche *
V	2	<b>P0980</b> Costruzione di materiale ferroviario

#### Insegnamenti opzionali

IV	1	<b>P7210</b> Elettronica industriale
	1	<b>P3265</b> Meccanica dei materiali/Metallurgia meccanica (i)
	1	<b>P3540</b> Metrologia generale meccanica
	1	<b>P5490</b> Tecnica ed economia dei trasporti
	2	<b>PA600</b> Meccanica superiore
V	1	<b>P3360</b> Meccanica delle vibrazioni
	1	<b>PA310</b> Progettazione e costruzione di sistemi meccanici
	1	<b>P3840</b> Motori termici per trazione **
	2	<b>P0030</b> Acustica applicata
	2	<b>P0890</b> Conversione statica dell'energia
	2	<b>P3850</b> Oleodinamica e pneumatica **
	2	<b>P5110</b> Sperimentazione e affidabilità dell'autoveicolo
	2	<b>P5470</b> Tecnica delle costruzioni meccaniche

### **Orientamento Impianti idroelettrici**

#### Insegnamenti obbligatori

P. D.		Titolo
IV	1	<b>P1070</b> Costruzioni idrauliche
V	1	<b>P3360</b> Meccanica delle vibrazioni *
V	2	<b>P3850</b> Oleodinamica e pneumatica *

#### Insegnamenti opzionali

IV	2	<b>PA600</b> Meccanica superiore
	2	<b>P2080</b> Fluidodinamica
V	2	<b>P4150</b> Progettazione degli impianti industriali
	2	<b>P4980</b> Sistemi elettrici per l'energia
	2	<b>P5130</b> Sperimentazione sulle macchine **

## Orientamento Impianti industriali

Insegnamenti obbligatori

P. D.		Titolo
IV	2	<b>P3410</b> Meccatronica
V	1	<b>P3100</b> Logistica industriale
V	2	<b>P4150</b> Progettazione degli impianti industriali

Insegnamenti opzionali

IV	1	<b>P0350</b> Automazione a fluido
	1	<b>P3540</b> Metrologia generale meccanica
	1	<b>P4602</b> Scienza delle costruzioni II
	2	<b>P0290</b> Applicazioni industriali elettriche
	2	<b>P2080</b> Fluidodinamica
	2	<b>P2560</b> Illuminotecnica
V	1	<b>P3840</b> Motori termici per trazione **
	1	<b>P5700</b> Tecnologie industriali
	1	<b>P5410</b> Tecnica del controllo ambientale
	2	<b>P2820</b> Impianti termotecnici
	2	<b>P3850</b> Oleodinamica e pneumatica **
	2	<b>P5110</b> Sperimentazione e affidabilità dell' autoveicolo
	2	<b>P5440</b> Tecnica della sicurezza ambientale
	2	<b>P5470</b> Tecnica delle costruzioni meccaniche
	2	<b>P5720</b> Tecnologie speciali

## Orientamento K - Metallurgico

Insegnamenti obbligatori

P. D.		Titolo
IV	1	<b>P4780</b> Siderurgia
IV	1	<b>P3265</b> Meccanica dei materiali / Metallurgia meccanica (i)
V	1	<b>P3360</b> Meccanica delle vibrazioni *

Insegnamenti opzionali

IV	1	<b>P0350</b> Automazione a fluido
	2	<b>P3950</b> Plasticità e lavorazioni per deformazione plastica
	2	<b>P2740</b> Impianti metallurgici
	2	<b>P3430</b> Metallurgia fisica
V	1	<b>P4630</b> Scienza e tecnologia dei materiali ceramici
	2	<b>P1700</b> Elettrometallurgia
	2	<b>P3850</b> Oleodinamica e pneumatica **
	2	<b>P5710</b> Tecnologie metallurgiche
	2	<b>P3420</b> Metallurgia

## Orientamento Metrologia

Insegnamenti obbligatori

P. D.		Titolo
IV	1	<b>P3540</b> Metrologia generale meccanica
IV	2	<b>P3410</b> Meccatronica
V	1	<b>P3710</b> Misure termiche e regolazioni

### Insegnamenti opzionali

IV	1	<b>P2050</b>	Fisica superiore
	2	<b>PA600</b>	Meccanica superiore
V	1	<b>P3360</b>	Meccanica delle vibrazioni
	1	<b>P3500</b>	Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici
	2	<b>P3850</b>	Oleodinamica e pneumatica **
	2	<b>P5130</b>	Sperimentazione sulle macchine **

### **Orientamento Motori a combustione**

#### Insegnamenti obbligatori

P. D.		<b>Titolo</b>	
V	1	<b>P3840</b>	Motori termici per trazione
V	1	<b>P3360</b>	Meccanica delle vibrazioni *
V	2	<b>P5130</b>	Sperimentazione sulle macchine *

#### Insegnamenti opzionali

IV	1	<b>P7210</b>	Elettronica industriale
	1	<b>PA310</b>	Progettazione e costruzione di sistemi meccanici
	2	<b>PA600</b>	Meccanica superiore
	2	<b>P0510</b>	Calcolo numerico
	2	<b>P2080</b>	Fluidodinamica
	2	<b>P3850</b>	Oleodinamica e pneumatica **

### **Orientamento Strutture**

#### Insegnamenti obbligatori

P. D.		<b>Titolo</b>	
IV	2	<b>P5840</b>	Teoria delle strutture
V	1	<b>P3360</b>	Meccanica delle vibrazioni
V	2	<b>P5470</b>	Tecnica delle costruzioni meccaniche

#### Insegnamenti opzionali

P. D.		<b>Titolo</b>	
IV	1	<b>PA530</b>	Teoria e progetto delle costruzioni in acciaio
	1	<b>P3265</b>	Meccanica dei materiali/Metallurgia meccanica (i)
	1	<b>P3540</b>	Metrologia generale meccanica
	1	<b>P2050</b>	Fisica superiore
	2	<b>PA600</b>	Meccanica superiore
	2	<b>P4602</b>	Scienza delle costruzioni II
	2	<b>P0510</b>	Calcolo numerico
V	2	<b>P3850</b>	Oleodinamica e pneumatica **
	2	<b>P5130</b>	Sperimentazione sulle macchine **

### **Orientamento Termotecnico**

#### Insegnamenti obbligatori

P. D.		<b>Titolo</b>	
IV	1	<b>P0350</b>	Automazione a fluido *
V	2	<b>P2820</b>	Impianti termotecnici
V	2	<b>P6000</b>	Termotecnica

### Insegnamenti opzionali

IV	1	<b>P6030</b>	Trasmissione del calore
	2	<b>P0030</b>	Acustica applicata
	2	<b>P0510</b>	Calcolo numerico
	2	<b>P2080</b>	Fluidodinamica
	2	<b>P2560</b>	Illuminotecnica
V	1	<b>P1165</b>	Criogenia/Tecnica del freddo (i)
	1	<b>P3710</b>	Misure termiche e regolazioni
	1	<b>P5410</b>	Tecnica del controllo ambientale
	2	<b>P3850</b>	Oleodinamica e pneumatica **
	2	<b>P4980</b>	Sistemi elettrici per l'energia
	2	<b>P5130</b>	Sperimentazione sulle macchine **

### Orientamento Tessile

#### Insegnamenti obbligatori

P. D.			<b>Titolo</b>
V	1	<b>P3280</b>	Meccanica dei robot
V	1	<b>P5700</b>	Tecnologie industriali
V	2	<b>P4150</b>	Progettazione degli impianti industriali

#### Insegnamenti opzionali

P. D.			<b>Titolo</b>
IV	1	<b>P7210</b>	Elettronica industriale
V	1	<b>P4630</b>	Scienza e tecnologia dei materiali ceramici
	2	<b>P0030</b>	Acustica applicata
	2	<b>P3850</b>	Oleodinamica e pneumatica **
	2	<b>P5130</b>	Sperimentazione sulle macchine **

### Orientamento Trasporti

#### Insegnamenti obbligatori

P. D.			<b>Titolo</b>
IV	1	<b>P5490</b>	Tecnica ed economia dei trasporti
V	1	<b>P3360</b>	Meccanica delle vibrazioni
V	1	<b>P4180</b>	Progettazione di sistemi di trasporto

#### Insegnamenti opzionali

IV	1	<b>P0920</b>	Costruzione di autoveicoli
	2	<b>PA600</b>	Meccanica superiore
	2	<b>P0290</b>	Applicazioni industriali elettriche
	2	<b>P3290</b>	Meccanica del veicolo
V	1	<b>PA650</b>	Gestione ed esercizio dei sistemi di trasporto
	1	<b>P3840</b>	Motori termici per trazione **
	1	<b>PA310</b>	Progettazione e costruzione di sistemi meccanici
	1	<b>P4630</b>	Scienza e tecnologia dei materiali ceramici
	2	<b>P0980</b>	Costruzione di materiale ferroviario
	2	<b>P3850</b>	Oleodinamica e pneumatica **
	2	<b>P4270</b>	Progetto delle carrozzerie

- 2 **P5110** Sperimentazione e affidabilità dell'autoveicolo
- 2 **P5130** Sperimentazione sulle macchine \*\*
- 2 **P5720** Tecnologie speciali
- 2 **P5880** Teoria e tecnica della circolazione

### **Orientamento Turbomacchine**

Insegnamenti obbligatori

- | P. D. |   | Titolo  |
|-------|---|---|
| V     | 1 | <b>P3360</b> Meccanica delle vibrazioni*        |
| V     | 2 | <b>P2120</b> Fluidodinamica delle turbomacchine |
| V     | 2 | <b>P5130</b> Sperimentazione sulle macchine     |

Insegnamenti opzionali

- | P. D. |   | Titolo                                    |
|-------|---|---|
| IV    | 2 | <b>P0510</b> Calcolo numerico             |
|       | 2 | <b>P2080</b> Fluidodinamica               |
|       | 2 | <b>P3410</b> Meccatronica                 |
| V     | 2 | <b>P3850</b> Oleodinamica e pneumatica ** |

### **Orientamento Trasporti (esercizio)**

Insegnamenti obbligatori

- | P. D. |   | Titolo  |
|-------|---|---|
| IV    | 1 | <b>P5490</b> Tecnica ed economia dei trasporti      |
| IV    | 2 | <b>P3290</b> Meccanica del veicolo                  |
| V     | 1 | <b>P4180</b> Progettazione dei sistemi di trasporto |

Insegnamenti opzionali

- |   |   |   |
|---|---|---|
| V | 1 | <b>PA650</b> Gestione ed esercizio dei sistemi di trasporto |
|   | 1 | <b>P3840</b> Motori termici per trazione **                 |
|   | 2 | <b>P5880</b> Teoria e tecnica della circolazione            |
|   | 2 | <b>P3910</b> Pianificazione dei trasporti                   |
|   | 2 | <b>P3850</b> Oleodinamica e pneumatica **                   |
|   | 2 | <b>P5130</b> Sperimentazione sulle macchine **              |

### **Orientamento Qualità**

Insegnamenti obbligatori

- | P. D. |   | Titolo  |
|-------|---|---|
| IV    | 2 | <b>P3410</b> Meccatronica                       |
| IV    | 1 | <b>P3540</b> Metrologia generale meccanica      |
| V     | 1 | <b>P2460</b> Gestione industriale della qualità |

Insegnamenti opzionali

- |    |   |  |
|----|---|--|
| IV | 1 | <b>P3265</b> Meccanica dei materiali/Metallurgia meccanica (i)       |
| V  | 1 | <b>P3500</b> Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici |
|    | 1 | <b>P3710</b> Misure termiche e regolazioni                           |
|    | 1 | <b>P2050</b> Fisica superiore  |
|    | 2 | <b>P3850</b> Oleodinamica e pneumatica **                            |
|    | 2 | <b>P5110</b> Sperimentazione ed affidabilità dell'autoveicolo        |
|    | 2 | <b>P5130</b> Sperimentazione sulle macchine **                       |

## **Orientamento Produzione delle carrozzerie A**

P. D.		Titolo
IV 1	<b>P0350</b>	Automazione a fluido
IV 1	<b>PA914</b>	Gestione del progetto (r)
IV 1	<b>PA944</b>	Tecniche di simulazione dei processi produttivi (r)
IV 2	<b>P3410</b>	Meccatronica
V 1	<b>P3280</b>	Meccanica dei robot
V 1	<b>P4090</b>	Produzione assistita dal calcolatore

## **Orientamento Produzione delle carrozzerie B**

P. D.		Titolo
IV 1	<b>P0350</b>	Automazione a fluido
IV 1	<b>PA944</b>	Tecniche di simulazione dei processi produttivi (r)
IV 2	<b>P4270</b>	Progetto delle carrozzerie
V 1	<b>P3280</b>	Meccanica dei robot
V 2	<b>P3950</b>	Plasticità e lavorazioni per deformazione plastica
V 2	<b>PA934</b>	Tecniche di giunzione e montaggio (r)

(\*) Questo insegnamento sarà sostituito da quello obbligatorio previsto quando quest'ultimo potrà essere attivato.

(\*\*) Vedere nota in calce al quadro degli insegnamenti comuni.

## **Orientamento Agroalimentare (Mondovì)**

Nell'anno accademico 2000/2001 proseguirà l'attivazione dell'orientamento Agroalimentare attraverso il quale verrà progressivamente realizzato, presso la sede di Mondovì, l'intero corso di studi in Ingegneria Meccanica, limitatamente agli orientamenti "Agroalimentare" e "Meccanizzazione e macchine agricole". Gli allievi che hanno concluso il terzo anno nell'anno accademico 1999/2000 potranno introdurre nei loro piani di studio gli insegnamenti caratterizzanti l'orientamento Agroalimentare; essi frequenteranno il quarto anno presso la sede di Torino e il quinto anno presso la sede di Mondovì.

P. D.	Titolo	Crediti
IV 1	<b>P5640</b>	Tecnologia meccanica
IV 1	<b>P3110</b>	Macchine
IV 1	<b>P0350</b>	Automazione a fluido
IV 2	<b>P0940</b>	Costruzione di macchine
IV 2	<b>P3850</b>	Oleodinamica e pneumatica
IV 2	<b>PA824</b>	Chimica degli alimenti (r)
IV 2	<b>PA924</b>	Processi dell'industria alimentare (r)
V 1	<b>P2724</b>	Impianti industriali (r) (1)
V 1	<b>P2664</b>	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti (r) (1)
V 1	<b>P5470</b>	Tecnica delle costruzioni meccaniche (2)
V 1	<b>PA450</b>	Impianti dell'industria alimentare
V 2	<b>P1530</b>	Economia e organizzazione aziendale
V 2	<b>P5420</b>	Tecnica del freddo
V 2	<b>PA800</b>	Stage aziendale

(1) Sostituiscono **P2730** Impianti meccanici

(2) Sostituisce **P4020** Principi e metodologie della produzione meccanica

Oltre ai piani congruenti con i piani consigliati precedentemente esposti saranno automaticamente approvati i piani di studio che prevedano soltanto spostamenti di anno di insegnamenti opzionali. Saranno inoltre approvati i piani che comprendano le seguenti varianti rispetto ai piani consigliati:

- 1) Nei piani derivati dall'indirizzo **Energia** e dagli orientamenti **Motori a combustione interna, Termotecnico e Turbomacchine** all'insegnamento **P3100** Macchine, oltre agli insegnamenti previsti dai piani consigliati, può essere abbinato l'insegnamento **B3830** Motori per aeromobili;
- 2) Nei piani derivati dagli orientamenti **Impianti idroelettrici e Motori a combustione interna** all'insegnamento **P3100** Macchine, oltre agli insegnamenti previsti dai piani consigliati, può essere abbinato l'insegnamento **P2120** Fluidodinamica delle turbomacchine;
- 3) Nei piani derivati dall'indirizzo **Automazione Industriale e robotica**, può essere inserito, in luogo di uno degli insegnamenti opzionali, l'insegnamento **L4580** Robotica industriale;
- 4) Nei piani derivati dagli orientamenti **Ferrovioario e Trasporti** in luogo di **P0290** Applicazioni industriali elettriche, è consentito l'inserimento di **H0400** Azionamenti per la trazione elettrica;
- 5) Uno degli insegnamenti opzionali dell'indirizzo o dell'orientamento di riferimento può essere sostituito da uno dei seguenti corsi:

P. D.	Titolo
1	<b>01CCA</b> Introduzione alla filosofia (r)
1	<b>01CJQ</b> Sociologia delle comunicazioni di massa A (r)
1	<b>01CJR</b> Sociologia delle comunicazioni di massa B (r)
1	<b>01CLW</b> Storia della tecnica A (Società ed economia) (r)
1	<b>01CLX</b> Storia della tecnica B (Macchine e sistemi industriali) (r)
2	<b>01DAO</b> Estetica A
	<b>01DAP</b> Estetica B
2	<b>01DAQ</b> Filosofia della scienza A
	<b>01DAR</b> Filosofia della scienza B
2	<b>01DAS</b> Storia contemporanea A
	<b>01DAT</b> Storia contemporanea B
2	<b>01DAU</b> Storia della filosofia contemporanea A
	<b>01DAV</b> Storia della filosofia contemporanea B

(\*) I corsi del secondo semestre costituiti da un corso base (A) seguito da un approfondimento tematico (B), i primi con valore di 3 crediti e i secondi con valore di 2 crediti, devono essere seguiti nella loro integrità ed equivalgono ad un corso ridotto. Inoltre tutti i corsi indicati con la lettera B presuppongono la frequenza dei corsi indicati con la lettera A.

- 6) Uno degli insegnamenti opzionali dell'indirizzo può essere sostituito con altro insegnamento previsto dai piani di studio consigliati.

## SEDE DI MONDOVÌ

### Primo anno (non attivato)

P. D.	Titolo
1-2	P2170 Fondamenti di informatica (annuale)
1	P0231 Analisi matematica I
1	P0620 Chimica
2	P2300 Geometria
2	P1901 Fisica generale I

### Secondo anno

P. D.	Titolo
1	P0232 Analisi matematica II
1	P1902 Fisica generale II
1	P1790 Elettrotecnica
2	P3370 Meccanica razionale
2	P1430 Disegno tecnico industriale
2	P0846 Controlli automatici/Elettronica industriale (I)

## ■ TESI DI LAUREA

La tesi di laurea consiste nello svolgimento, sotto guida di un professore ufficiale, di un progetto o di uno studio di carattere tecnico o scientifico.

Gli allievi che hanno deciso di optare per tale tesi devono farne domanda al Presidente del Consiglio di corso di laurea con modulo giallo in distribuzione presso la Segreteria Didattica Interdipartimentale Area-Sud indicando l'argomento e consegnarla alla medesima Segreteria almeno sei mesi prima dell'esame ed entro le date sotto riportate:

SESSIONE DI LAUREA		SCADENZA FOGLIO GIALLO	
1° Sessione 00/2001	turno unico	marzo 2001	18 settembre 2000
2° Sessione 00/2001	1° turno	maggio 2001	20 novembre 2000
	2° turno	luglio 2001	15 gennaio 2001
3° Sessione 00/2001	1° turno	ottobre 2001	16 aprile 2001
	2° turno	dicembre 2001	11 giugno 2001

Alla domanda di ammissione agli esami di laurea, da presentare in Servizio Studenti, devono inoltre, allegare il foglio bianco, in distribuzione presso il suddetto Servizio, con l'indicazione dell'argomento della tesi svolta, controfirmato dal relatore.

Inoltre coloro che hanno consegnato il modulo giallo alla Segreteria Didattica Interdipartimentale, dovranno, prima della consegna della domanda di laurea al Servizio Studenti, fare apporre sul foglio bianco dalla suddetta Segreteria Didattica Interdipartimentale, un visto attestante il regolare deposito, nei termini previsti, del modulo giallo.

Una copia della tesi firmata dal relatore, deve essere consegnata al Servizio Studenti alcuni giorni prima dell'inizio della sessione di laurea e comunque non oltre la data riportata sulla Guida dello studente - Manifesto agli studi 2000-2001; una copia firmata deve essere consegnata al Presidente del Consiglio del corso di laurea; una copia deve essere portata dal laureando alla seduta di laurea.

Tesi e sintesi devono essere redatte in fogli di formato UNI A4. Si consiglia la stampa su ambedue le facciate della pagina.

Anno: 4,5

Periodo: 2

Impegno (ore sett.):

lezioni: 6

esercitazioni: 2

laboratori: 0

Docente:

**Alfio SACCHI****PRESENTAZIONE DEL CORSO**

L'acustica presenta applicazioni in svariate settori dell'ingegneria e dell'architettura, e si presta a essere insegnata in vari modi in settori anche molto lontani dall'ingegneria (es. studiati come protesi acustiche, scografie, tomografie come che ed ultrasuoni che con, musicali).

Il corso, lungi dall'avere la pretesa di affrontare tutti i campi, ha lo scopo di fornire elementi di base dell'acustica, utili per la comprensione dei fenomeni che per ricerca di base o per applicazioni più o meno pionieristiche, è rivolto a studenti di altre specializzazioni. Gli argomenti sotto indicati possono subire sviluppi ed approfondimenti diversi per venire incontro agli interessi nazionali.

**PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI****REQUISITI**

Notizie acquisite dai corsi di Fisica e di Elettrotecnica.

**PROGRAMMA**

- 1) Propagazione del suono e delle vibrazioni nei solidi e nei gas (8 ore);
- 2) Elettroacustica e trasduttori elettroacustici (microfoni ed altoparlanti) (5 ore);
- 3) Psicoacustica (sonorità, rumore e danno) (10 ore);
- 4) Acustica architettonica dei piccoli e grandi auditori (12 ore);
- 5) Teoria dei segnali per applicazioni acustiche (trasformate di Fourier di Laplace, di Hilbert, wavelet, zeta, convoluzione, correlazione, cep-train) e relative applicazioni (10 ore);
- 6) Strumentazione acustica con utilizzazione individuale (10 ore);
- 7) Vibrazioni ed isolamento (4 ore);
- 8) Corsi sull'analisi della voce (4 ore).

Il corso si completa con una tesina individuale su un argomento a scelta dello studente, sotto la direzione del docente e la assistenza di tecnici del laboratorio o di esterni. L'argomento può essere del tipo:

- studio bibliografico;

- studio di un argomento applicativo (con sintesi) strumentali, elaborazioni dei risultati, commenti e proposte progettuali (es. impedenza acustica, curvatura acustica di sale, esame di strumenti musicali, analisi della voce, simulazioni, ecc.);

**BIBLIOGRAFIA**

Sacchi, Cagliari - *Introduzione all'Acustica* - UTET - Torino 1976.

Beraneck - *Acoustics, Noise control, Acoustic measurements* - Mc. Graw Hill Co. - New York 1954/52.

Harris - *Manuale del controllo del rumore* - Tecniche nuove - Milano 1963. (2000)

Dispense firmate dal Docente da tutto il paese.

**ESAME**

L'esame si svolge con una discussione del lavoro personale seguita da alcune domande sugli argomenti trattati nel corso, con particolare focalizzazione su quelli legati alla specifica specializzazione.

## P0030 ACUSTICA APPLICATA

Anno: 4,5                      Periodo: 2  
Impegno (ore sett.)        lezioni: 6                      esercitazioni: 2                      laboratori: 8  
Docente:                      **Alfredo SACCHI**

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

L'acustica presenta applicazioni in svariati settori dell'ingegneria e dell'architettura, e si presenta come materia di servizio in settori anche molto lontani dall'ingegneria (es. medicali come protesi acustiche, ecografie, tomografie sonore ed ultrasoniche ecc.; musicali; ).

Il corso, lungi dall'aver la pretesa di affrontare tutti i campi applicativi dell'acustica, ha lo scopo di fornire elementi di base dell'acustica, utili per le applicazioni citate, sia per la comprensione dei fenomeni che per ricerca delle soluzioni progettuali. Il corso, per la sua interdisciplinarietà, è rivolto a studenti di altre specializzazioni e persino di altre facoltà e pertanto gli argomenti sotto indicati possono subire sviluppi ed approfondimenti diversi per venire incontro agli interessi manifestati.

### REQUISITI

Nozioni acquisite dai corsi di *Fisica* e di *Elettrotecnica*.

### PROGRAMMA

- 1) Propagazione del suono e delle vibrazioni nei solidi e nei gas [8 ore];
- 2) Elettroacustica e trasduttori elettroacustici (microfoni ed altoparlanti) [8 ore];
- 3) Psicoacustica (sonorità, rumore e danno) [10 ore];
- 4) Acustica architettonica dei piccoli e grandi auditori [12 ore];
- 5) Teoria dei segnali per applicazioni acustiche (trasformate di Fourier, di Laplace, di Hilbert, wavelet, zeta; convoluzione; correlazione; cepstrum) e relative applicazioni [16 ore];
- 6) Strumentazione acustica con utilizzazione individuale [10 ore];
- 7) Vibrazioni ed isolamento [4 ore];
- 8) Cenni sull'analisi della voce [4 ore].

Il corso si completa con una tesina individuale su un argomento a scelta dello studente, sotto la direzione del docente e la assistenza di tecnici del laboratorio o di esterni; l'argomento può essere del tipo:

- studio bibliografico;
- studio di un argomento applicativo con rilievi strumentali, elaborazioni dei risultati, commenti e proposte progettuali (es. impatto acustico, correzione acustica di sale, esame di strumenti musicali, analisi della voce, simulazioni, ecc.)

### BIBLIOGRAFIA

- ✓ Sacchi, Cagliari - *Illuminotecnica ed Acustica* - UTET - Torino 1996.  
Beranek - *Acoustics, Noise control, Acoustic measurements* - Mc. Graw Hill Co. - New York 1954/62.  
Harris - *Manuale del controllo del rumore - Tecniche nuove* - Milano 1983. (2 es. w/e)  
Dipende fornite dal Docente da fotocopiare.

### ESAME

L'esame si svolge con una discussione del lavoro personale seguita da alcune domande sugli argomenti trattati nel corso, con particolare focalizzazione su quelli legati alla specifica specializzazione.

Anno: 2

Periodo: 1

Impegno (ore totali)

lezione: 70

esercitazione: 46

Docenti:

Maria MASCARELLO (I corso), Marco CODEGONE (II corso)

**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

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

**REQUISITI**

Analisi Matematica I - Geometria.

Per il II modulo è necessario il I modulo

**PROGRAMMA****I MODULO: FUNZIONI DI PIU' VARIABILI**

Periodo: primo emisemestre

Impegno (ore)

lezione: 35

esercitazione: 23

laboratorio: //

Limiti e continuità per funzioni di più variabili.

Calcolo differenziale: derivate parziali, derivate direzionali, differenziale, piano tangente. Gradiente. Formula di Taylor, matrice Hessiana. Punti stazionari. Funzioni vettoriali.

Calcolo differenziale su curve e superfici.

Integrali multipli.

Integrali su curve e superfici. Integrali di flusso, teorema della divergenza. Forma differenziale, integrale di linea. Teorema di Green, teorema di Stokes. Forme differenziali esatte.

**II MODULO: SERIE ED EQUAZIONI DIFFERENZIALI**

Periodo: secondo emisemestre

Impegno (ore)

lezione: 35

esercitazione: 23

laboratorio: //

Serie numeriche, generalità. Serie a termini positivi. Serie di segno alterno. Convergenza assoluta. Serie negli spazi normati. Serie di Potenze.

Funzioni periodiche. Famiglie ortogonali di funzioni. Polinomi trigonometrici. Polinomio di Fourier di una funzione a quadrato integrabile. Serie di Fourier di una funzione a quadrato integrabile. Serie di Fourier e sua convergenza in media quadratica. Identità di Parseval.

Sistemi di equazioni differenziali del 1° ordine. Problema di Cauchy. Equazioni differenziali di ordine n. Sistemi lineari a coefficienti costanti del primo ordine.

**LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Nelle ore di esercitazione vengono svolti esercizi sugli stessi argomenti delle lezioni.

**BIBLIOGRAFIA**

- ✓ A.BACCIOTTI, F.RICCI: *Lezioni di Analisi Matematica II*, Levrotto & Bella, Torino, 1991.
- ✓ M.MASCARELLO: *Analisi Matematica II, Raccolta e stampa dei trasparenti*, Prog. Leonardo, Esculapio, Bologna, 1998

**Testi ausiliari:**

- ✓ M.MASCARELLO, L.MAZZI: *Temi d'esame di Analisi Matematica II del Politecnico di Torino*, Progetto Leonardo, Esculapio Bologna, 1997.
- ✓ P.MARCELLINI, C.SBORDONE: *Esercitazioni di Matematica, 2° Volume, parte prima e parte seconda*, Liguori Editore, Napoli, 1995.
- ✓ H.B.DWIGHT, *Tables of integrals and other mathematical data*, Macmillan.

**ESAME**

L'esame che conclude il corso consiste di una prova scritta e di una orale. La prova orale può comprendere una serie di domande di carattere teorico, cui sia richiesto di rispondere per scritto. Le due prove devono essere sostenute nello stesso appello e vertono sull'intero programma del corso. Gli studenti vengono ammessi alla prova orale solo se hanno superato positivamente la prova scritta. La data della prova scritta coincide con la data ufficiale dell'appello.

## **P0290      APPLICAZIONI INDUSTRIALI ELETTRICHE**

Anno: 4	Periodo: 2
Impegno (ore totali)	lezioni: 76      esercitazioni: 24
Docente:	<b>Mario LAZZARI</b>

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso è a carattere prevalentemente informativo e gli argomenti trattati sono stati scelti in modo da fornire richiami sulle principali conoscenze di base e una panoramica sugli aspetti più diffusi delle applicazioni dell'energia elettrica, che possono interessare un ingegnere meccanico. Le finalità sono quelle di fornire all'ingegnere meccanico una base di concetti in ambito elettrico, che possano facilitare la sua comunicazione professionale con ingegneri di alta specializzazione.

### **PROGRAMMA**

#### **Generalità [8 ore]**

- 1 Richiami sui circuiti magnetici e sulle relazioni fondamentali dell'elettromagnetismo.
- 2 Considerazioni dimensionali sulle macchine elettriche

#### **Conversione statica dell'energia elettrica [16 ore]**

- 1 Considerazioni generali sulla conversione statica e sui componenti elettronici di potenza
- 2 Conversione C.A. - C.C.
- 3 Conversione C.C. - C.C.
- 4 Conversione C.A.-C.A.

#### **Azionamenti delle macchine elettriche [24 ore]**

- 1 Generalità  
Il concetto generale di azionamento di un motore elettrico. -I diversi tipi di azionamento e la loro classificazione: Azionamenti in C.C. e azionamenti in C.A.
- 2 Cenni elementari di teoria del controllo
- 3 Azionamenti in C.C.  
Richiami sul principio di funzionamento del motore a C.C. e tipologie di motori usati. Regolazione di armatura e di campo. Azionamento di coppia, di velocità e di posizione. Applicazioni industriali e per trazione.
- 4 Azionamenti in C.A. con motori asincroni.  
Richiami sul principio di funzionamento del motore asincrono e varie tipologie dei motori. Criteri di scelta del motore e parametri utili per la scelta. Sistemi di regolazione di velocità a frequenza variabile.
- 5 Azionamenti in C.A. con macchine a struttura sincrona.  
Il principio di funzionamento della macchina sincrona come generatore e come motore. Applicazioni tipiche
- T Tecniche di comando 'brushless' e attuali prospettive di impiego.

#### **Impianti elettrici [22 ore]**

- 1 Aspetti generali della produzione e distribuzione dell'energia elettrica  
Descrizione a blocchi della produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica.
- 2 Il trasformatore da distribuzione  
Tipi di trasformatori trifase da distribuzione, modalità costruttive e connessione degli avvolgimenti. Grandezze di targa, loro significato e normativa.  
Funzionamento con carichi equilibrati e squilibrati. Rendimento del trasformatore, caduta di tensione industriale, la normativa di prova. Parallelo di trasformatori.

- 3 Le linee elettriche di distribuzione in bassa tensione.  
Tipologie di conduttori adoperati: cavi, linee aeree, blindosbarre. Induttanze di linea e resistenze di linea. Criteri generali di scelta della sezione del conduttore: portata di un conduttore, cadute di tensione. Rifasamento.
- 4 Dispositivi di manovra e protezione.  
Protezione contro i sovraccarichi e contro il corto-circuito. Fenomeni di interruzione di una corrente, arco elettrico. Interruttori di manovra, di protezione, fusibili: aspetti costruttivi, di funzionamento e caratteristiche di intervento.
- 5 La sicurezza elettrica  
Pericoli dovuti alla corrente elettrica. Contatti diretti e indiretti. Stato del neutro nei sistemi di distribuzione a bassa tensione. Messa a terra delle apparecchiature e suo significato in termini di sicurezza. Definizione e misura della resistenza di terra. Protezione elettrica al neutro. Protezione mediante rivelatore differenziale.

#### **Misure elettriche e strumenti di misura [6 ore]**

Strumenti analogici e digitali. Misura di tensioni e correnti. Misura di potenza e di fattore di potenza. Misuratori di energia. Tariffe dell'energia elettrica.

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni consistono in calcoli relativi a diverse applicazioni illustrate nel corso delle lezioni. Durante le esercitazioni potranno essere sviluppati, anche in forma di seminari, aspetti pratici specifici e illustrazioni della normativa elettrica riguardante gli argomenti discussi nelle lezioni.

### **ESAME**

L'esame è esclusivamente orale con appelli a cadenza settimanale a partire dal termine del corso. Data la varietà degli argomenti trattati non è utilizzabile un unico libro di testo, si consiglia pertanto la preparazione dell'esame sugli appunti delle lezioni. Nel corso delle lezioni verranno di volta in volta suggeriti i testi di consultazione e riferimento per i singoli argomenti.

## **P0350 AUTOMAZIONE A FLUIDO**

Anno: 4                      Periodo: 1  
Impegno (ore sett.)      lezioni: 4                      laboratori: 4  
Docente:                      **Guido BELFORTE**

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso ha lo scopo di far conoscere i diversi sistemi di automazione a fluido attualmente utilizzati e di fornire le nozioni di base indispensabili per una corretta progettazione e per un uso razionale degli impianti a fluido. Vengono quindi analizzati componenti ed elementi di vari tipi di sistemi pneumatici, micropneumatici e fluidici, digitali e proporzionali. Vengono inoltre fornite nozioni di analisi dei sistemi, di tecniche di automazione digitale e di modellazione dei sistemi pneumatici.

### **REQUISITI**

Nozioni acquisite con le frequenze del corso di *Meccanica applicata alle macchine*.

### **PROGRAMMA**

- Struttura dei sistemi automatici . Proprietà dei sistemi pneumatici, micropneumatici, fluidici, oleodinamici. Cilindri a semplice e doppio effetto. Valvole a due, tre, quattro vie; comandi, funzionamento e simbologia delle valvole. Valvole ausiliarie dei circuiti pneumatici (OR, AND, sequenza, di non ritorno, temporizzazione, regolatori di flusso, scarico rapido, economizzatrice, ecc). Proprietà delle valvole pneumatiche. [8 ore]
- Principi di algebra logica . Funzioni combinatorie e sequenziali. Operatori logici e relativa simbologia ISO-IEC. Tipi di memorie. Elementi pneumologici. [4 ore]
- Elementi micropneumatici Samsomatic, Dreloba, Selp. Getti e principi di fluidica. Elementi fluidici digitali e proporzionali: funzionamento e caratteristiche operative. [8 ore]
- Sistemi a tempo e ad eventi . Diagrammi funzionali: movimenti\_fasi, Grafcet, Gemma. Tecniche di controllo digitali a logica cablata e programmabili. Elementi con memorie pneumatiche, con memorie ausiliarie, contatori binari, programmatori a fase, moduli sequenziatori. Comandi con relè: funzioni logiche combinatorie e sequenziali; tecnica del Grafcet contratto. Controllori logici programmabili (PLC): proprietà generali e linguaggi di programmazioni (lista di istruzioni, sequenziale, ladder). Criteri di scelta tra sistemi con sequenziatori, relè, PLC. [14 ore]
- Elementi di interfaccia , elettrovalvole e sistemi elettropneumatici digitali e proporzionali. Sensori ed elementi di fine corsa, elementi periferici. [6 ore]
- Cilindri specializzati e applicazioni dei sistemi pneumatici. [4 ore]
- Modellazione e comportamento dinamico dei sistemi pneumatici: resistenze, capacità, induttanze. Sistemi a parametri concentrati e distribuiti, propagazione dei segnali pneumatici. Esempi di modellazione di circuiti pneumatici. [6 ore]
- Struttura degli impianti pneumatici , alimentazione degli impianti. trattamento dell'aria, affidabilità, aspetti energetici, ecologici e di sicurezza. [6 ore]

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Viene svolto un ciclo di 12 esercitazioni di laboratorio della durata ognuno di 4 ore.

Durante ogni esercitazione vengono sviluppate una o più gruppi di prove.

Le esercitazioni devono essere svolte da singole squadre di studenti che seguono ciascuna un proprio percorso con assistenza in laboratorio.

Il programma dettagliato delle esercitazioni sarà distribuito ad ogni singola squadra.

La presenza alle esercitazioni è obbligatoria e condiziona la firma di frequenza.

Di tutte le esercitazioni deve essere preparata una relazione che viene presentata quando si effettua l'esame.

La relazione comprende un testo che descrive gli scopi, le attrezzature usate, le modalità di prova, ecc. e contiene tutti i dati sperimentali misurati ed elaborati, e una serie di tavole.

Il testo può essere preparato singolarmente, da ogni studente, o dall'intera squadra, per cui può essere disponibile un unico testo per ogni singola squadra.

Le tavole illustranti gli schemi delle prove e i diagrammi riassuntivi devono essere singoli per ogni studente. Dette tavole possono essere preparate:

- a) completando le tavole allegate al testo di esercitazioni;
- b) preparando interamente dette tavole su carta millimetrata (non sono ammesse fotocopie di tavole del testo).

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento :

- G. Belforte, N. D'Alfio, *Applicazioni e prove dell'automazione a fluido*, Levrotto e Bella, Torino, 1996. *2 Copie*

- G. Belforte, *Pneumatica, Tecniche Nuove*, Milano, 1987. *2 Copie*

Testo ausiliario :

- D. Bouteille, G. Belforte, *Automazione flessibile elettropneumatica e pneumatica*, Tecniche Nuove, Milano, 1987. *2 Copie*

## ESAME

L'esame si svolge in forma orale sull'intero programma del corso (lezione ed esercitazione), con discussione, in particolare, di quanto svolto in laboratorio.



### **Servomotore brushless sinusoidale. [15 ore]**

Caratteristiche costruttive. Deduzione delle equazioni trasformate in assi rotanti ( $d, q$ ). Controllo a  $id=0$  (caso isotropo). Effetto sul controllo dell'eventuale anisotropia rotorica. Controllo vettoriale di corrente. Limitazione di tensione. Tecniche di modulazione per il controllo vettoriale. Resolver e relativa demodulazione.

### **Controllo a orientamento di campo del motore a induzione. [8 ore]**

Deduzione delle equazioni in assi generici. Principio del controllo a orientamento di campo. Controllo diretto e indiretto, impiego di osservatori di flusso. Implementazione del controllo vettoriale e prerogative di deflussaggio.

### **Motori sincroni a riluttanza. [6 ore]**

Particolarità costruttive. Equazioni in assi  $d, q$ . Controllo di corrente in assi fissi ed in assi rotanti, prestazioni caratteristiche.

**Confronto applicativo tra le diverse motorizzazioni in corrente alternata:** densità di coppia, deflussibilità, costo. [4 ore]

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Verranno effettuate dimostrazioni pratiche del funzionamento di azionamenti in corrente alternata per asse e per mandrino. Saranno utilizzati azionamento impiegati industrialmente, con visualizzazione dei principali segnali di stato.

## **BIBLIOGRAFIA**

Essendo il corso di carattere decisamente applicativo, non è individuabile alcun testo che possa essere ritenuto di riferimento. Verranno fornite indicazioni per eventuali testi ausiliari, a seconda delle esigenze specifiche.

## **ESAME**

L'esame sarà svolto oralmente.

## **P0440 BIOMATERIALI**

Programma non pervenuto

## **P0450 BIOMECCANICA**

Anno: 4	Periodo: 2
Impegno (ore sett.)	lezione: 4      esercitazione, laboratorio: 4
Docente:	<b>Cristina BIGNARDI</b> (Dipartimento di Meccanica, tel. 564.6944; e-mail: Bignardi@polito.it; orario di ricevimento: mar 14.30-16.30)

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di fornire agli allievi una panoramica delle problematiche della biomeccanica e delle principali metodologie numeriche e sperimentali utilizzate in questa disciplina. Vengono trattati argomenti riguardanti i materiali biologici e di sostituzione, il benessere climatico all'interno dell'autoveicolo e il comportamento del corpo umano in risposta alle azioni dinamiche: comfort vibrazionale, sicurezza attiva e passiva nell'ambito dell'interazione uomo-veicolo in condizioni d'urto.

Altro obiettivo del corso è quello di approfondire la formazione metodologica tipica dell'ingegnere meccanico mediante l'applicazione delle metodologie di analisi sperimentale delle sollecitazioni all'analisi di sistemi biomeccanici.

Agli studenti non meccanici verrà fornito supporto didattico idoneo a permettere di seguire e assimilare gli argomenti trattati a lezione.

### **PROGRAMMA**

#### **BIOMECCANICA DELLA MACCHINA UMANA (crediti 5)**

*Introduzione, anatomia e fisiologia, metodi utilizzati in biomeccanica, materiali*

- Origini e problematiche della biomeccanica
- Richiami di fisiologia
- Tecniche, attrezzature e metodologie di rilevazione dei dati meccanici relativi al corpo umano
- Metodi per l'analisi delle tensioni e delle deformazioni in strutture biologiche
- Caratterizzazione di materiali biologici (osso, muscoli, cartilagine)
- **Biomateriali: caratteristiche, biocompatibilità, problematiche**

#### *Biomeccanica ortopedica*

- Articolazione d'anca
- Articolazione di ginocchio
- Articolazione di caviglia
- Colonna vertebrale

#### *Biomeccanica cardiocircolatoria*

#### **BIOMECCANICA DELL'AUTOVEICOLO (crediti 1)**

*Comportamento del corpo umano in risposta alle azioni dinamiche, benessere climatico*

- Risposta del corpo umano alle vibrazioni
- Interazione uomo-veicolo:
- Resistenza del corpo umano alle azioni dinamiche
- Studio in condizioni d'urto per la valutazione del danno: modelli matematici (FEM e multibody), manichini e loro caratteristiche
- Benessere climatico

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI** (crediti 2)

E' prevista la suddivisione in squadre per la realizzazione di esercitazioni in laboratorio, relativamente alle quali si richiede una relazione.

- Analisi delle deformazioni mediante metodo estensimetrico
- Analisi del rimodellamento osseo mediante tecnica videodensitometrica
- Caratterizzazione meccanica dell'osso mediante analisi della propagazione del suono
- Tecniche di analisi del segnale elettromiografico di superficie
- Micro e macro-durezza di biomateriali
- Visite a industrie del settore

## **BIBLIOGRAFIA**

Dispense fornite durante il corso

## **ESAME**

Prova scritta seguita da una verifica orale. La valutazione finale tiene conto della partecipazione dimostrata e della qualità delle relazioni relative alle esercitazioni svolte.



## II MODULO: TRATTAMENTO NUMERICO DI MODELLI DIFFERENZIALI

Periodo: 2

Impegno (ore)

lezione: 26

esercitazione: 12

laboratorio: 12

- *Equazioni differenziali ordinarie II*: metodi multipasso, esempi; consistenza, ordine, zero-stabilità e convergenza; metodi predictor-corrector; il problema della stabilità assoluta; metodi per sistemi stiff.

- *Equazioni alle derivate parziali*: generalità; problemi ellittici, parabolici, iperbolici; problemi ai valori al bordo e iniziali; esempi; proprietà qualitative delle soluzioni; metodi alle differenze finite e ai volumi finiti; formulazione variazionale di un problema ai valori al bordo e metodo degli elementi finiti.

- *Metodi per sistemi sparsi; metodi di minimizzazione e ottimizzazione*: metodi di discesa: gradiente semplice, gradiente coniugato e generalizzazioni; preconditionamento di una matrice; minimizzazione di un funzionale in una variabile; back-tracking; metodo della trust-region; metodi di tipo Powell.

- *Applicazioni*: formulazione di qualche semplice ma significativo modello matematico, tratto o dalla meccanica dei continui solidi, o dalla fluidodinamica, o dalla termodinamica; analisi delle sue proprietà; scelta di una o più tecniche di discretizzazione numerica, loro analisi numerica e conseguente implementazione su calcolatore.

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

#### Esercitazioni

Le esercitazioni mirano a dare allo studente le capacità di utilizzare in pratica gli algoritmi visti a lezione. Per ognuno degli argomenti svolti a lezione vengono forniti esempi, eventualmente contro-esempi, vengono illustrati nel dettaglio casi particolari e/o situazioni singolari. Alcuni esercizi richiedono soltanto una elaborazione matematica da parte dello studente, altri esercizi conducono alla scrittura di brevi programmi.

#### Laboratorio

Implementazione su calcolatore e sperimentazione di algoritmi di calcolo numerico. Si userà in particolare l'ambiente di sviluppo MATLAB; per i problemi più complessi, si potrà fare ricorso a uno dei grandi pacchetti software ora ampiamente disponibili.

### BIBLIOGRAFIA

- G. Monegato, *Fondamenti di Calcolo Numerico*, CLUT, Torino, 1998. (3 copie)
- V. Comincioli, *Analisi Numerica: Metodi, Modelli, Applicazioni*, McGraw-Hill, Milano, 1995. (2 copie)
- A. Quarteroni, R. Sacco e F. Saleri, *Matematica Numerica*, Springer Verlag Italia, Milano, 1998.

The Mathworks, Inc., *Using MATLAB*, 1997.

Oltre ai testi indicati per il II modulo II, dispense del docente.

### ESAME

#### I MODULO

Accertamento orale individuale su tutti gli argomenti trattati. Tale accertamento può essere sostituito da un esonero scritto, immediatamente a ridosso della fine del modulo, per i soli studenti che hanno frequentato il modulo.

## II MODULO

Accertamento orale individuale su tutti gli argomenti trattati. Tale accertamento può essere sostituito dalla discussione dei contenuti di due relazioni scritte, relative alla risoluzione numerica di problemi assegnati dal docente, per i soli studenti che hanno frequentato il modulo. Le relazioni possono essere svolte in gruppo, fino a un massimo di tre studenti per gruppo. Questa modalità di esame è valida soltanto per tutte le sessioni di esame che si tengono nello stesso anno solare in cui lo studente ha frequentato il corso.

## PROGRAMMA

La esercitazione mira a dare allo studente le capacità di utilizzare in pratica le conoscenze acquisite durante il corso. Per ognuno degli argomenti trattati a lezione vengono forniti esercizi, problemi, contro-esempi, vengono illustrati nel dettaglio casi particolari e/o situazioni singolari. Alcuni esercizi richiedono soltanto una elaborazione matematica da parte dello studente, altri esercizi comportano anche la scrittura di un programma di calcolo. Gli esercizi sono divisi in due gruppi: esercizi di routine e esercizi di tipo "problema". Gli esercizi di routine sono quelli che richiedono la scrittura di un programma di calcolo, mentre gli esercizi di tipo "problema" sono quelli che richiedono la scrittura di un programma di calcolo e la risoluzione di un problema di tipo "problema". Gli esercizi di tipo "problema" sono quelli che richiedono la scrittura di un programma di calcolo e la risoluzione di un problema di tipo "problema".

**BIBLIOGRAFIA**  
G. Monzato, Fondamenti di Calcolo Numerico, CLUT, Torino, 1988.  
V. Cormier, L'Algebra Lineare e il Calcolo Numerico, McGraw-Hill, Milano, 1988.  
A. Quarteroni, R. Sacco e F. Saleri, Matematica Numerica, Springer, 1998.  
Oltre ai testi indicati per il modulo, il docente consiglia di leggere:  
(1) - G. Monzato, Fondamenti di Calcolo Numerico, CLUT, Torino, 1988.  
(2) - V. Cormier, L'Algebra Lineare e il Calcolo Numerico, McGraw-Hill, Milano, 1988.  
(3) - A. Quarteroni, R. Sacco e F. Saleri, Matematica Numerica, Springer, 1998.

**ESAME**  
L'esame consiste in un'ora di prova scritta. Il candidato deve risolvere un problema di tipo "problema" e un problema di tipo "problema".

Il candidato deve risolvere un problema di tipo "problema" e un problema di tipo "problema".

Anno: 2  
Impegno (ore)  
Docente:

Periodo: 2  
lezione: 6 (4) esercitazione: 4 (4) laboratorio: 2  
**Gustavo BELFORTE**

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Scopo del corso è di introdurre lo studente all'analisi dei sistemi dinamici ed al progetto di semplici sistemi di controllo dando altresì alcune indicazioni sui circuiti elettronici per realizzare tali sistemi.

### **REQUISITI**

E' richiesta la conoscenza dei contenuti dei corsi di analisi e di fisica.

### **PROGRAMMA**

1. Introduzione al corso. Strumenti matematici per l'analisi di sistemi dinamici: la trasformata di Laplace. Cenni di modellistica: costruzione di modelli di sistemi elettrici, elettronici, meccanici, elettromeccanici ecc. Rappresentazione dei sistemi dinamici in variabili di stato e mediante funzione di trasferimento. Algebra dei blocchi. Evoluzione nel tempo dei sistemi dinamici. Matrici di transizione.
2. La stabilità dei sistemi dinamici. Stabilità alla Lyapunov e BIBO stabilità.
3. Controllabilità e osservabilità dei sistemi dinamici. Forme canoniche. Retroazione degli stati e osservatore degli stati.
4. Il controllo in catena aperta e in catena chiusa. Diagrammi di Bode e di Nyquist. Stabilità dei sistemi retroazionati: criterio di Routh-Hurwitz, criterio di Nyquist.
5. La risposta transitoria e a regime dei sistemi dinamici. Specifiche nel dominio del tempo e della frequenza per i sistemi dinamici. Attenuazione dei disturbi parametrici e additivi. Astaticità ai disturbi.
6. Progetto di compensatori in serie basati sul diagramma di Bode della funzione di trasferimento di anello.
7. Il luogo delle radici.
8. Circuiti e dispositivi elettronici per la realizzazione di compensatori e controllori.

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

#### **Esercitazioni**

Le esercitazioni non sono rigidamente distinte dalle lezioni; esse riguardano sia lo svolgimento di esercizi relativi alla teoria illustrata a lezione sia lo sviluppo delle parti più applicative del programma. L'articolazione in punti è identica a quella del programma delle lezioni.

Non è prevista alcuna divisione in squadre.

#### **Laboratorio**

Le esercitazioni di laboratorio sono tutte svolte presso il LAIB. Esse devono servire per acquisire i primi rudimenti nell'uso di un moderno programma (MATLAB) per l'analisi e il progetto di sistemi di controllo. Con l'aiuto di tale programma vengono svolti degli esercizi simili a quelli visti a lezione e nelle esercitazioni in aula, ma vengono anche affrontati problemi più complessi che difficilmente potrebbero essere trattati senza l'ausilio di un calcolatore. Argomenti delle esercitazioni sono:

1. Introduzione all'uso di Matlab e dei suoi comandi.

2. Studiare l'evoluzione nel tempo dei sistemi dinamici.
3. Studiare la stabilità, la controllabilità e l'osservabilità dei sistemi dinamici
4. Tracciare i diagrammi di Bode ed i diagrammi di Nyquist di varie funzioni di trasferimento.
5. Confronto delle funzioni di trasferimento ad anello aperto e ad anello chiuso. Analisi degli effetti della presenza dell'anello di retroazione.
6. Luogo delle radici e progetto di reti compensatrici.

E' prevista una divisione in squadre in relazione alla capienza dei LAIB e alle risorse umane di sostegno alla docenza che verranno assegnate.

**Durante le esercitazioni viene verificata la presenza al fine del conseguimento della firma di frequenza** così come stabilito dal Consiglio di Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica.

## BIBLIOGRAFIA

Ci sono moltissimi testi che trattano la materia oggetto di questo corso, ma non ce n'è nessuno che tratti tutti gli argomenti così come vengono svolti a lezione. Sono disponibili presso la segreteria studenti del settore dell'informazione (vicino all'aula 12) le copie delle trasparenze usate a lezione che possono essere integrate con appunti.

Per la preparazione del corso il docente ha fatto riferimento principalmente ai testi:

- ✓ 1. D. Luenberger, Linear dynamic systems J. Willey & Sons, New York.
- ✓ 2. E. Rohrs, J. L. Melsa, D. G. Shultz Linear control systems, Mc Graw Hill, New York.  
 Coloro che sentissero l'esigenza di un testo nella preparazione dell'esame possono far riferimento a:
- ✓ 1. G. Marro, Controlli automatici, Zanichelli, Bologna.
- ✓ 2. G. Marro, Complementi di controlli automatici, Zanichelli, Bologna. *Q. Lave*
- ✓ 3. K. Ogata, Modern control engineering, Prentice-Hall, London.
- ✓ 4. R. C. Dorf, R. H. Bishop, Modern control systems, Addison-Wesley Reading, Ma.

Per approfondimenti ulteriori gli interessati possono fare riferimento ai testi:

- ✓ 1. J. J. D'azzo, C. H. Houpis, Feedback control system analysis & synthesis, Mc Graw Hill, New York.
- ✓ 2. G. F. Franklin, J. D. Powel, A. Emami-Naeini, Feedback control of dynamic systems, Addison-Wesley Reading, Ma.
- ✓ 3. A. Isidori, Sistemi di controllo, Siderea, Roma.
- ✓ 4. B. C. Kuo, Automatic control systems, Prentice-Hall, London.
- ✓ 5. N. S. Nise, Control systems engineering, The Benjamin/Cummings Publishing Co., Redwood City, CA.

Un testo di carattere divulgativo che presenta una panoramica delle problematiche argomento del corso è:

- ✓ 1. R. Calimani, A. Lepschy, Feedback. Guida ai cicli di retroazione: dal controllo automatico al controllo biologico, Garzanti (Strumenti di studio). *(3 copie)*

## ESAME

Per essere ammessi a sostenere l'esame bisogna avere ottenuto la firma di frequenza. La firma di frequenza NON viene concessa a quegli studenti che risultino assenti a più del 30% delle esercitazioni di laboratorio.

Deroghe a tale regola sono ammesse solo per gravi e giustificati motivi e vengono decise dal docente caso per caso sulla base di richiesta motivata da presentarsi (anche in forma orale se fatta di persona) **prima dell'inizio delle esercitazioni di laboratorio o all'immediato insorgere dell'impedimento alla frequenza**. Il docente si riserva di richiedere documentazione probatoria dell'impedimento alla frequenza e di concordare con lo studente forme alternative di esercitazione sul calcolatore.

- rali di iscrizione agli esami usando la rete internet, entro le ore 12.00 del terzo giorno lavorativo precedente il giorno in cui si svolge la prima prova dell'appello (a tal fine il sabato è considerato festivo).
- Per essere ammessi a sostenere l'esame bisogna presentarsi all'ora e nel luogo stabilito **muniti di statino valido e di libretto o tesserino universitario**.
- L'esame consiste di massima di due prove scritte di circa 3 ore l'una. La commissione si riserva tuttavia la facoltà di integrare o sostituire le prove con un colloquio orale qualora ne ravvisasse la necessità per formulare un giudizio.  
La prima prova consiste, di massima, nel rispondere ad una serie di domande organizzate in forma di "scelta multipla" mentre la seconda è una prova di tipo progettuale che dovrebbe essere svolta in laboratorio in modo tale che il candidato abbia a disposizione un calcolatore con il programma MATLAB.
- Le regole per lo svolgimento degli esami e per il loro superamento vengono comunicate dal docente all'inizio del corso e **sono valide per un anno intero, fino all'inizio del corso nell'anno accademico successivo**. Tali regole verranno anche messe su Internet in modo che siano facilmente consultabili.

## **P0846      CONTROLLI AUTOMATICI / ELETTRONICA INDUSTRIALE (i)**

Anno: 2

Periodo: 2

Impegno (ore)

lezione: 6 (4)    esercitazione: 2 (4)    laboratorio: 2

Docente:

**Cosimo GRECO**, collab. in aula: **Giuseppe CALAFIORE**,  
collab. in laboratorio: **Marco MUZZARELLI** (Dipartimento di Automatica  
e Informatica, terzo piano dei dipartimenti elettrici; orario di ricevimento  
concordati a inizio corso; le comunicazioni e gli avvisi vengono affissi  
nelle bacheche della segreteria studenti del Settore dell'Informazione,  
seminterrato dei dipartimenti elettrici)

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Scopo del corso è di introdurre lo studente all'analisi dei sistemi dinamici ed al progetto di semplici sistemi di controllo dando altresì alcune indicazioni sui dispositivi elettronici che realizzano tali sistemi.

### **REQUISITI**

E' richiesta la conoscenza dei contenuti dei corsi di Analisi matematica (I e II), di Fisica generale (I e II) e di Geometria.

### **PROGRAMMA**

#### **I MODULO (crediti: 4)**

1. Introduzione al corso. Strumenti matematici per l'analisi di sistemi dinamici: la trasformata di Laplace. Cenni di modellistica: costruzione di modelli di sistemi elettrici, elettronici, meccanici, elettromeccanici ecc. Rappresentazione dei sistemi dinamici in variabili di stato e mediante funzione di trasferimento. Algebra dei blocchi. Evoluzione nel tempo dei sistemi dinamici. Matrici di transizione.
2. La stabilità dei sistemi dinamici. Analisi e criteri di stabilità.
3. Controllabilità e osservabilità dei sistemi dinamici. Retroazione degli stati e osservatore degli stati.

#### **II MODULO (crediti: 6)**

4. Il controllo in catena aperta e in catena chiusa. Diagrammi di Bode e di Nyquist. Stabilità: criterio di Routh-Hurwitz, criterio di Nyquist.
5. La risposta transitoria e a regime dei sistemi dinamici. Specifiche nel dominio del tempo e della frequenza per i sistemi dinamici. Attenuazione dei disturbi parametrici e additivi. Astaticità ai disturbi.
6. Progetto di sistemi di controllo.
7. Circuiti e dispositivi elettronici per la realizzazione dei sistemi di controllo.

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le lezioni e le esercitazioni non sono rigidamente distinte tra loro. Le esercitazioni riguardano sia lo svolgimento di esercizi relativi alla teoria illustrata a lezione sia lo sviluppo delle parti più applicative del programma. Non è prevista alcuna divisione in squadre.

Le esercitazioni di laboratorio sono svolte presso il LADISPE - Automatica e Informatica. Esse devono servire per acquisire i primi rudimenti nell'uso di MATLAB, un moderno ambiente di

programmazione per l'analisi e il progetto di sistemi di controllo. Con l'aiuto di tale programma vengono svolti degli esercizi simili a quelli visti a lezione e nelle esercitazioni in aula, ma vengono anche affrontati problemi più complessi che difficilmente potrebbero essere trattati senza l'ausilio del calcolatore. Argomenti delle esercitazioni sono:

1. Introduzione all'uso di Matlab e dei suoi comandi.
2. Studiare l'evoluzione nel tempo dei sistemi dinamici.
3. Studiare la stabilità, la controllabilità e l'osservabilità dei sistemi dinamici
4. Tracciare i diagrammi di Bode ed i diagrammi di Nyquist di varie funzioni di trasferimento.
5. Confronto delle funzioni di trasferimento ad anello aperto e ad anello chiuso. Analisi degli effetti della presenza dell'anello di retroazione.
6. Progetti.

È prevista una suddivisione in 4 squadre (A, B, C, D), ciascuna formata da gruppi; ciascun gruppo sarà composto da 2 studenti.

Le esercitazioni di laboratorio cominceranno in aprile (data da stabilire) e sono riservate agli studenti iscritti al corso. Sono previste esercitazioni assistite ed esercitazioni libere (non assistite). Per quanto riguarda le esercitazioni libere si fa presente che i tecnici responsabili limiteranno il numero di presenti al massimo consentito dalle norme di sicurezza e dalle risorse disponibili.

Ciascuno studente è tenuto a iscriversi a uno dei gruppi; l'iscrizione si effettua presso la segreteria didattica del Settore dell'Informazione (seminterrato dei dipartimenti elettrici).

**Durante le esercitazioni assistite viene verificata la presenza al fine del conseguimento della firma di frequenza.** Per essere ammessi a sostenere l'esame, infatti, bisogna avere ottenuto la firma di frequenza; questa **non** viene concessa a quegli studenti che risultino assenti a più del 30% delle esercitazioni di laboratorio.

Deroghe a tale regola sono ammesse solo per gravi e giustificati motivi e vengono decise dal docente caso per caso sulla base di richiesta motivata da presentarsi (anche in forma orale se fatta di persona) **prima dell'inizio delle esercitazioni di laboratorio o all'immediato insorgere dell'impedimento alla frequenza.** Il docente si riserva di richiedere documentazione probatoria dell'impedimento alla frequenza e di concordare con lo studente forme alternative di esercitazione sul calcolatore.

## BIBLIOGRAFIA

Ci sono moltissimi testi che trattano la materia oggetto di questo corso, ma non ce n'è nessuno che tratti tutti gli argomenti così come vengono svolti a lezione. Sono disponibili presso la segreteria didattica del Settore dell'Informazione (seminterrato dipartimenti elettrici) alcune copie del materiale didattico usato nelle lezioni, nelle esercitazioni e nel laboratorio; tale materiale va ovviamente integrato con appunti personali.

Per la preparazione del corso il docente ha fatto riferimento principalmente ai testi:

- ✓ 1. D. Luenberger, Linear dynamic systems J. Wiley & Sons.
- ✓ 2. J. J. D'Azzo, C. H. Houpis, Linear control system analysis and design, McGraw-Hill.

Chi sentisse l'esigenza di un testo nella preparazione dell'esame può far riferimento a:

- ✓ 1. P. Bolzern, R. Scattolini, N. Schiavoni, Fondamenti di controlli automatici, McGraw-Hill (1 copia)
- ✓ 2. K. Ogata, Modern control engineering, Prentice-Hall.

Per approfondimenti ulteriori gli interessati possono fare riferimento ai testi:

- ✓ 1. G. Marro, Controlli automatici, Zanichelli, Bologna.
- ✓ 2. A. Isidori, Sistemi di controllo, Siderea, Roma.
- ✓ 3. B. C. Kuo, Automatic control systems, Prentice-Hall, London.
- ✓ 4. G. F. Franklin, J. D. Powell, A. Emami-Naeini, Feedback control of dynamic systems, Addison-Wesley Reading.

Comunicazioni, avvisi e materiale didattico vario potrebbero essere disponibili anche sul sito web del LADISPE; in tal caso l'accesso può avvenire in due modi:

- <http://www.ladispe.polito.it/didattic.htm> scegliendo successivamente il corso o la voce di interesse;
- <ftp://ladiserver1.polito.it/download/caei>

## ESAME

- Per essere ammessi a sostenere l'esame bisogna iscriversi, secondo le modalità generali di iscrizione agli esami usando la rete internet, entro le ore 12.00 del terzo giorno lavorativo precedente il giorno in cui si svolge la prima prova dell'appello (a tal fine il sabato è considerato festivo).
- Per essere ammessi a sostenere l'esame bisogna presentarsi all'ora e nel luogo stabilito **muniti di statino valido e di libretto o tesserino universitario**.
- L'esame viene superato svolgendo in modo soddisfacente, negli appelli ufficiali, due prove scritte di 3-4 ore l'una. La commissione si riserva tuttavia la facoltà di integrare o sostituire le prove con un colloquio orale qualora ne ravvisasse la necessità per formulare un giudizio.
- La prima prova consiste nel rispondere ad una serie di domande proposte con risposte a "scelta multipla".
- Chi non supera la prima prova con un punteggio di almeno 55/100 non viene ammesso alla seconda.
- La seconda è una prova di tipo progettuale svolta in LAIB in modo tale che il candidato abbia a disposizione un calcolatore con il programma MATLAB. Per superare tale prova è necessario risolvere il problema di progetto proposto, fornendo una risposta numerica corretta che soddisfi a tutte le specifiche date e che sia espressa nel formato richiesto. Va quindi redatta una breve relazione di una sola pagina A4, di cui vengono valutati con pari importanza sia l'aspetto sostanziale (metodi e criteri seguiti, ecc.) sia l'aspetto formale (ordine, chiarezza, semplicità, incisività, ecc.).
- Qualora risultasse impossibile usare i LAIB, la seconda prova verrebbe svolta in aula.
- Lo studente che, avendo superato la prima prova con più di 55/100 non si presenta alla seconda risulta ritirato.
- Lo studente che si ritira durante le prove risulta riprovato, e può solo ripresentarsi in una sessione successiva per la quale gli venga rilasciato lo statino. Lo studente che non si ritira avrà il giudizio registrato come previsto dalle norme di legge. **Non è quindi ammesso rifiutare il voto.** In ogni caso lo studente deve riconsegnare tutti i fogli che ha ricevuto per lo svolgimento della prova.
- La prima prova d'esame può essere sostituita dagli accertamenti distribuiti durante il periodo didattico.

## **P0890      CONVERSIONE STATICA DELL'ENERGIA**

Anno: 5                      periodo: 2  
Impegno (ore totali)    lezioni: 85                esercitazioni: 35  
Docente:                    **Antonino FRATTA**

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso è il primo sulla conversione nell'ambito del Corso di Laurea. Viene impostato come corso di base sulla conversione statica, e tratta in modo approfondito le tipologie di convertitori che impiegano transistori di potenza e la commutazione forzata controllata dal circuito di pilotaggio. La comprensione dei fenomeni fisici fondamentali e la relativa trattazione analitica viene assiduamente correlata con la realtà tecnologica, con la finalità di fornire gli strumenti per una oggettiva capacità professionale.

Coerentemente, l'elevato numero di ore di esercitazione viene dedicato alla familiarizzazione con componenti specifiche tecniche, programmi di simulazione e allo stato dell'arte della conversione statica.

### **REQUISITI**

Analisi Matematica I e II; Elettrotecnica.

Consigliato un corso di base di Elettronica e di Controlli Automatici.

### **PROGRAMMA**

*Introduzione alla conversione a commutazione statica. [6 ore]*

Generalità. Configurazione della conversione. Sistemi di alimentazione e conversione regolata. Definizioni. Qualità e Obiettivi. Tipologie delle connessioni elettriche.

Generalità sulla commutazione di circuiti elettrici. Interruttori e modalità di commutazione, naturale e forzata. Peculiarità degli interruttori a semiconduttore. Comando e pilotaggio.

*Strutture di conversione fondamentali e derivate. [12 ore]*

Compatibilità della commutazione forzata. La cella canonica. Coefficienti di trasferimento e di dimensionamento.

Derivazione per disposizione. Convertitori diretti e indiretti. Conversione multiquadrante con singola cella.

Derivazione per composizione di celle canoniche. Ponte alimentato in tensione (VSI). Ponte duale (CSI). Conversione DC/AC. Invertitori polifase VSI.

Deviatore di corrente polifase. Inverter trifase CSI. Conversione diretta AC/AC e indiretta AC/DC/AC.

Strutture statiche fondamentali. La cella non reversibile e unidirezionale. Composizioni multi-quadrante. Deviatore polifase unidirezionale e commutazione naturale. Classificazione secondo i principali campi di applicazione.

*Transistori e diodi per la commutazione. [6 ore]*

Caratterizzazione dei transistori di potenza. Vincoli di temperatura e caratteristiche termiche. MOSFET, BJT's, IGBT.

Diodi di potenza. Caratteristiche statiche e tipologie. Fenomeni dinamici e modello del reverse recovery.

*Dinamica delle commutazioni forzate. [10 ore]*

Modelli dinamici circuitali (pilotaggio, transistor e circuito in commutazione).

Dinamica delle transizioni in zona attiva, di corrente e di tensione. Transizione assistita (snubber). Analisi delle commutazioni. Sequenza completa delle fasi. Calcolo e ottimizzazione dell'energia. Ulteriori non idealità dinamiche dei transistori e dei diodi soft-recovery.

#### **Dimensionamento affidabile della conversione statica. [6 ore]**

Applicazione dei vincoli di dimensionamento. Temperatura massima. Compatibilità. Fenomeni induttivi e area di lavoro.

Affidabilità e dispersione dei parametri. Dissipazione nel periodo di modulazione. Dimensionamento vincolato dei componenti (worst-case design). Rendimento tipico della conversione. Dissipazione con duty-cycle periodico. Cicli termici.

Tecniche e circuiti di protezione. Protezioni termiche. Protezioni contro il sovraccarico e il corto circuito. Area di lavoro di picco (overload SOA).

#### **Analisi di convertitori DC/DC. [6 ore]**

Efficienza. Coefficienti di perdita dei reattori. Valutazioni comparative. Tecniche di modulazione e dinamica di regolazione. Corrente pulsata. Inserzione del trasformatore e alimentatori isolati.

#### **Analisi di convertitori DC/AC. [10 ore]**

Inverter alimentato in tensione (VSI). Tecniche di modulazione a onda quadra e PWM, bipolari e unipolari. Inverter trifase VSI. Tecniche di modulazione e limiti di tensione. Regolazione di corrente e modulazione diretta.

#### **Tecnologie, componenti e circuiti per la conversione di media potenza. [4 ore]**

Modularità e integrazione delle strutture di potenza e di pilotaggio integrati e. Moduli di potenza "intelligenti" (SMART, IPM). Convertitori AC/AC e reattori di filtro. Evoluzione dei componenti (GTO, MCT) e delle strutture di conversione.

#### **Introduzione alla compatibilità di potenza ed elettromagnetica. [4 ore]**

Reti in continua. Sicurezza dei convertitori e qualità della rete AC (armoniche, transistori). Convertitori di adattamento e PFC. Emissione e immunità. Finalità della normativa sulla compatibilità.

#### **Applicazioni sulle reti. [6 ore]**

Gruppi di continuità. Compensatori attivi del fattore di potenza con inverter di tensione, corrente e combinati. Utilizzazione di sorgenti rinnovabili di energia.

#### **Applicazioni in azionamenti elettrici. [6 ore]**

Azionamenti a coppia costante e a potenza costante. Peculiarità di dimensionamento dei convertitori, in corrente continua e alternata. Effetti delle tecniche di modulazione.

#### **Altre applicazioni. [4 ore]**

Riscaldamento a induzione. Climatizzazione e illuminazione efficiente. Sistemi ausiliari in autoveicoli. Saldatura elettrica.

## **BIBLIOGRAFIA**

- A.Fratta, Dispense del corso di "Conversione Statica dell'Energia Elettrica", Dipartimento di Ing. Elettrica Ind., Politecnico di Torino, 1997.
- √H.Bühler, "Convertisseurs Statiques", Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, Suisse, 1991.
- √J.G.Kassakian, M.F.Schlecht, G.C.Verghese, "Principles of Power Electronics", MIT, Addison-Wesley, USA, 1992.
- √N.Mohan, T.Undeland, W.P.Robbins, "Power Electronics: Converters, Applications and Design", Wiley, New York, USA, 1995.
- √W.Leonhard, "Control of Electrical Drives", Springer, Berlin, 1985.

## ESAME

L'esame fuori dal semestre sarà normalmente svolto con una prova orale della durata approssimativa di un'ora.

L'esame potrà essere sostenuto durante il corso secondo la seguente articolazione: un primo esonero scritto a metà del corso della durata 90 minuti effettivi; un secondo esonero scritto alla fine del corso della durata 90 minuti effettivi; due relazioni scritte di approfondimento su tematiche relative alle esercitazioni effettivamente svolte durante il corso da consegnare secondo le modalità stabilite dal docente, con possibilità di discussione per la seconda relazione in sede di registrazione del voto finale.

## REQUISITI

Mechanics rationale ed applicata: Costruzione di macchine. Disegno meccanico.

## PROGRAMMA

1. Definizione di autoveicolo e sue categorie.
2. Organi principali e loro suddivisione. Schema funzionale.
3. Sistemi di trascinamento, terminologia e simbologia.
4. Ruote. Origine e principali funzionalità della adozione della ruota pneumatica negli autoveicoli.
5. Costituzione del cerchio e sue varie realizzazioni. Costituzione del pneumatico, tipi di struttura. Caratteristiche principali. Azioni trasmesse al suolo in funzione della deformazione. Modello meccanico. Rifornimento.
6. Aderenza ruote-suolo. Aderenza per adesione e per laterale. Pressioni nell'area di contatto. Meccanica per ruote fessate e motrici. Evoluzione dei cuscinetti di rotolamento impiegati.
7. Sospensioni. Modelli funzionali. Elementi rigidi e deformabili. Giunzioni e articolazioni. Ammortizzatori a gas e a doppia camera. Ammortizzatori misti e regolabili. Caratterizzazione delle sospensioni. Introduzione dei gradienti ondulati e classificazione delle sospensioni in funzione di: - Caratteristiche trasversali e longitudinali. Sospensioni a centri virtuali. Sospensioni a ruote indipendenti. Principali tipi di sospensioni adottati e loro diversificazione in funzione dell'impiego. Sospensioni multilink. Caratteristiche delle sospensioni autoelevanti e attive.
8. Sterzo. Sterzo e sterzata. Sterzata cinematica e dinamica. Geometria della sterzata. Caratteristiche di accoppiamento delle ruote e del comando centralizzato. Sterzo guidato.
9. Sterzo integrale (IWS). Principali esempi realizzativi.
10. Trasmissione del motore al motore. Campo ideale di potenza disponibile. Schema di trasmissione. Frizione. Carichi ad ingranaggi. Carichi elastici e contatti. Sincronizzatori. Power shift. Rinvio libero. Rapporti di coppia e "differenziali". Rapporti frenati, bloccabili, "auto bloccanti". Rapporti speciali.
11. Freni a disco e a tamburo. Sistemi funzionali ed effetti termici. Sistemi di ripresa del piede.
12. Controllo di frenata. Sviluppo.
13. Carichi sui sistemi antibloccaggio.

## LAVORATORI E/O ESERCITAZIONI

Disegno di un nodo di una evocata e particolari di costruzione.  
Disegno e calcoli di massima di una sospensione.  
Calcolo dello sterzo sullo sterzo.

## P0920 COSTRUZIONE DI AUTOVEICOLI

Anno: 4	Periodo: 1
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6      esercitazioni: 3
Docente:	<b>Alberto MORELLI</b> (collab.: PATRIZIO NUCCIO, ANDREA TONOLI)

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il programma riguarda la descrizione funzionale dei principali organi che costituiscono l'auto-telaio, ad eccezione del motore che è trattato in corsi specifici. Inoltre, anche la carrozzeria con il telaio sono oggetto di insegnamento separato (*Progetto delle carrozzerie*). In particolare viene approfondito lo studio della ruota con pneumatico e il suo collegamento al telaio e al motore (mozzi, freni, sospensioni, sterzo, trasmissione).

### REQUISITI

Meccanica razionale ed applicata. Costruzione di macchine. Disegno meccanico.

### PROGRAMMA

1. Definizione di autoveicolo e sue categorie.
2. Organi principali e loro suddivisione. Schema funzionale.
3. Sistemi di riferimento, terminologia e simbologia.
4. Ruote. Origine e principali giustificazioni della adozione della ruota pneumatica negli autoveicoli.  
Costituzione del cerchio e sue varie conformazioni. Costituzione del pneumatico, tipi di struttura. Caratteristiche funzionali. Azioni trasmesse al suolo in funzione della deformazione. Modello meccanico. Rotolamento.
5. Aderenza ruota-suolo. Aderenza per adesione e per isteresi. Pressioni nell'orma di contatto.
6. Mozzi per ruote folli e motrici. Evoluzione dei cuscinetti di rotolamento impiegati.
7. Sospensioni. Modelli funzionali. Elementi rigidi e deformabili. Giunzioni e articolazioni. Ammortizzatori a gas e a doppia camera. Ammortizzatori misti e regolabili. Cinematismo delle sospensioni. Introduzione dei gradienti cinematici e classificazione delle sospensioni in funzione di essi. Cinematica trasversale e longitudinale. Sospensioni a centri virtuali. Sospensioni a ruote indipendenti. Principali tipi di sospensioni adottati e loro diversificazione in funzione dell'impiego. Sospensioni multilink. Cenni sulle sospensioni autolivellanti e attive.
8. Sterzo. Sterzata e sterzata. Sterzata cinematica e dinamica. Geometria della sterzata. Cinematismi di accoppiamento delle ruote e del comando centralizzato: Scatole guida. Servosterzi.  
Sterzata integrale (4WS): principali esempi realizzativi.
9. Trasmissione del moto dal motore alle ruote. Campo ideale di potenza disponibile. Schemi di trasmissione. Frizione. Cambi ad ingranaggi. Cambi automatici e continui. Sincronizzatori e power shift. Rinvio fisso. Ripartitori di coppia e "differenziali". Ripartitori frenati, bloccabili "autobloccanti". Ripartitori speciali.
10. Freni a disco e a ganasce. Schemi funzionali ed effetti termici. Sistemi di ripresa dei giochi. Correttori di frenata. Servofreni.
11. Cenni sui sistemi antibloccaggio.

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Disegno di un nodo di una scocca e particolari di carrozzeria.
- Disegno e calcoli di massima di una sospensione.
- Calcolo dello sforzo sullo sterzo

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ A. Morelli, *Costruzioni automobilistiche*, ISEDI Mondadori.  
C. Deutsch, *Dynamique des véhicules routiers*, ONSER, Parigi. (invalicabile)  
Numerose monografie citate a lezione, disponibili per la consultazione nella biblioteca del dipartimento di Energetica.

## ESAME

Esame scritto consistente nella rappresentazione a mano libera di un componente in forma costruttiva. Esame orale successivo allo scritto tendente all'accertamento della formazione concettuale della materia d'insegnamento.

## REQUISITI

Scienza delle Costruzioni, Meccanica Applicata alle Macchine.

## PROGRAMMA

Argomenti:  
Introduttive - Presentazione - Argomenti e finalità - Lezioni, esercitazioni, esami modulari e orali.  
Ruote dentate - Infrangenti - Caratteristiche geometriche, cinematiche di taglio e di risposta.  
Cuscinetti - Tipi - Montaggio.  
Ipotesi di rottura - Teorie equivalenti.  
La fatica dei materiali: descrizione, caratteristiche di degrado, - Meccanica della frattura.  
Effetto d'intaglio, definizione, diagrammi, dati numerici.  
Scoppiamento interno dei materiali, Scoppiamento a caldo dei materiali.  
Molle - Tipi - Calcoli - Applicazioni.  
Giunti - Inerti.  
Torni di Herz: formule finali e applicazioni.

## LABORATORI E/O ESERCIZI

Nell'ambito del corso verrà svolta un'esercitazione che dovrà essere redatta dagli studenti o dal conduttore entro la fine delle lezioni.  
L'esercitazione consiste nella progettazione del gruppo dilatore di un veicolo industriale e comprende i calcoli di dimensionamento e il verifica di alcuni elementi del gruppo, il disegno complessivo e alcuni disegni particolari da definire.  
Argomenti dell'esercitazione:  
Modalità di svolgimento delle esercitazioni. Distribuzione e descrizione del materiale didattico. Spiegazione dello schema e del disegno costruttivo del gruppo dilatore.  
Calcolo dei rapporti di trasmissione. Calcolo dei numeri di denti.  
Forze compatte nel gruppo dilatore. Calcolo dei carichi.  
Verifica degli infrangenti a flessione e a pitting.

## **P0940 COSTRUZIONE DI MACCHINE**

Anno: 4                      Periodo: 2  
Impegno (ore sett.)    lezioni: 6                      esercitazioni: 4  
Docente:                      **Graziano CURTI**

(collab.: **Cristina BIGNARDI, Francesca CURÀ, Eugenio BRUSA**)

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso ha l'obiettivo di riprendere e approfondire gli argomenti della Scienza delle Costruzioni con particolare riferimento a quelli che costituiscono il fondamento della progettazione delle macchine e dei loro componenti. In esso vengono presentati gli elementi tipici che influenzano il comportamento e la resistenza degli organi delle macchine come l'effetto d'intaglio, la fatica, lo scorrimento a caldo e lo smorzamento interno dei materiali. Di questi elementi vengono forniti i dati caratteristici (metodi, formule, diagrammi) che ne consentono l'applicazione pratica.

Vengono inoltre descritti e illustrati i principali organi delle macchine e i mezzi di collegamento e di accoppiamento.

Il corso si propone in definitiva di fornire agli allievi le metodologie della progettazione delle macchine e dei relativi organi.

### **REQUISITI**

Scienza delle Costruzioni, Meccanica Applicata alle Macchine.

### **PROGRAMMA**

Argomenti:

Introduzione - Presentazione - Argomenti e Finalità - Lezioni, esercitazioni, esami: modalità e regole.

Ruote dentate - Ingranaggi - Caratteristiche geometriche, cinematiche, di taglio e di resistenza.

Cuscinetti - Tipi - Montaggio.

Ipotesi di rottura - Tensioni equivalenti.

La fatica dei materiali: descrizione, caratteristiche, diagrammi. - Meccanica della frattura.

Effetto d'intaglio: definizione, diagrammi, dati numerici.

Smorzamento interno dei materiali. Scorrimento a caldo dei materiali.

Molle - Tipi - Calcoli - Applicazioni.

Giunti - Innesti.

Teoria di Hertz: formule finali e applicazioni.

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Nell'ambito del corso verrà svolta un'esercitazione che dovrà essere verificata dagli assistenti o dai coadiutori entro la fine delle lezioni.

L'esercitazione consiste nella progettazione del gruppo differenziale di un veicolo industriale e comprende: i calcoli di dimensionamento e/o verifica di alcuni elementi del gruppo, il disegno complessivo e alcuni disegni particolari da definirsi.

Argomenti dell'esercitazione

Modalità di svolgimento delle esercitazioni. Distribuzione e descrizione del materiale didattico. Spiegazione dello schema e del disegno costruttivo del gruppo differenziale.

Calcolo dei rapporti di trasmissione. Calcolo dei numeri di denti.

Forze scambiate nel gruppo differenziale. Cumulate dei carichi.

Verifica degli ingranaggi a flessione e a pitting.

Calcolo delle reazioni sui cuscinetti. Scelta dei cuscinetti. Verifica statica e dinamica.  
Calcolo degli scanalati. Calcolo di una giunzione bullonata. Calcolo dell'albero in uscita (ponte posteriore).  
Assistenza allo svolgimento delle esercitazioni.

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ R. Giovannozzi, "Costruzione di Macchine", Casa Editrice Pàtron, Bologna.
- ✓ Niemann-Winter, "Elementi di macchine", Vol. (1, 2, 3) Ed. Scienza e Tecnica, Milano. (1 ed. n. e)
- ✓ G. Bongiovanni, G. Roccati, "Giunti fissi, articolati, elastici e di sicurezza", Levrotto & Bella, Torino, 1986.
- ✓ G. Bongiovanni, G. Roccati, "Giunti articolati per la trasmissione tra alberi mobili", Levrotto & Bella, Torino, 1984.
- ✓ G. Bongiovanni, G. Roccati, "Innesti a denti, ad attrito, automatici e di sopravanzo", Levrotto & Bella, Torino, 1987. (1 ed. n. e)

## ESAME

Prova orale.

## **P0980 COSTRUZIONE DI MATERIALE FERROVIARIO**

Anno: 5

Periodo: 2

Impegno (ore sett.)

lezioni: 4 (6) esercitazioni: 4 (2)

Docente:

**Giovanni ROCCATI**

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso intende soprattutto fornire agli allievi ingegneri meccanici le nozioni occorrenti per l'applicazione dei principi dell'ingegneria meccanica nella costruzione dei rotabili ferroviari, illustrando a tal fine le caratteristiche dei rotabili in esercizio ed in via di realizzazione, ma può risultare utile anche ad allievi ingegneri di altri corsi di laurea interessati al settore delle costruzioni ferroviarie.

### **REQUISITI**

Per i contenuti fortemente applicativi, il corso trova corretta collocazione nella parte finale del curriculum di studi.

### **PROGRAMMA**

Generalità, criteri di classificazione del materiale rotabile, scartamento, sagoma limite, pesi assiali, accoppiabilità dei veicoli e dei loro impianti [8 ore]

Ruote, assili, boccole e dispositivi guida-boccola, sospensioni primarie e secondarie, molle, carrelli [8 ore]

Ganci, respingenti ed accoppiatori, casse e telai, cenni sulle condizioni convenzionali di calcolo e sulle tecniche di calcolo di progetto e sui metodi di verifica sperimentali [6 ore]

Freni e frenatura ferroviaria: funzione degli impianti, requisiti ideali, impianti esistenti: a vuoto, diretto moderabile, automatico a condotta semplice; elementi fondamentali dell'impianto automatico continuo: distributore, serbatoi ausiliari, cilindro freno e timoneria; l'equilibrio della ruota frenata: trasformatori di pressione, dispositivi vuoto-carico, dispositivi anti-pattinamento; gli impianti di recente introduzione, con condotta generale e condotta principale e gli impianti elettropneumatici [10 ore]

Il fenomeno del cabraggio e la trazione bassa [4 ore]

Trazione elettrica: generalità sui sistemi, caratteristiche meccaniche dei motori elettrici a corrente continua, sistemi di regolazione tradizionali e con applicazione dell'elettronica di potenza [6 ore]

Trasmissioni meccaniche per locomotive ed automotrici con asse dei motori trasversali e longitudinali [6 ore]

Trazione Diesel: tipi di motori e caratteristiche di installazione, valutazione della potenza secondo criteri stabiliti dall'Union International des Chemins de fer; trasmissioni idromeccaniche, idrauliche ed elettriche [8 ore]

Cenni sulla qualità di marcia, sull'indice di comfort ( $W_z$  del dott. Sperling), sul comportamento dinamico del veicolo e l'interazione ruota-rotai [4 ore]

Cenni su problemi specifici dei veicoli passeggeri: accesso, arredamento, illuminazione, riscaldamento, insonorizzazione, ventilazione e climatizzazione [4 ore]

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

I periodi di esercitazione saranno dedicati ai seguenti argomenti:

- illustrazione dei concetti di gruppo di rotabili, con relative esemplificazioni;
- illustrazione delle forze intervenenti nella meccanica del movimento su rotaia, con indicazione numerica dell'entità delle varie forze, ed applicazione per la valutazione delle prestazioni di un rotabile;

- illustrazione di argomenti specifici dei problemi della frenatura ferroviaria: significato e valutazione della massa frenata (già peso frenato), regimi di frenatura Passeggeri e Merci, esame più dettagliato della struttura e del funzionamento di alcuni elementi degli impianti frenanti (dispositivi automatici vuoto-carico, dispositivi automatici di ripresa del gioco);
- valutazioni numeriche sul cabraggio delle locomotive, analisi di elementi di trasmissioni, ecc. Qualora sia possibile al docente organizzare conferenze o incontri con qualificati ingegneri operanti nel settore dell'ingegneria ferroviaria, nei campi di competenza dell'ingegnere meccanico, tali conferenze o incontri sostituiranno altrettante ore di normale esercitazione.

## BIBLIOGRAFIA

Appunti dalle lezioni, integrati dal materiale illustrativo fornito dal docente.

## ESAME

È prevista soltanto una prova orale, alla quale l'allievo presenterà anche gli elaborati relativi alle esercitazioni proposte durante la frequenza del corso, che costituiranno elemento secondario di valutazione.

## **P1040 COSTRUZIONI BIOMECCANICHE**

Anno: 5                      Periodo: 2  
Impegno (ore sett.)    lezione: 4                      esercitazione, laboratorio: 4  
Docente:                      **Pasquale Mario CALDERALE**, (Dipart. di Meccanica, tel. 564.6919;  
e-mail: Calderale@polito.it;  
orario di ricevimento esposto nella bacheca del Dipart. di Meccanica),  
collab. **C. BIGNARDI** (tel. 564.6944; e-mail: Bignardi@polito.it;  
orario di ricevimento: mar 14.30-16.30)

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di fornire agli allievi la conoscenza delle più note applicazioni delle metodologie di progettazione e della meccanica strutturale alla "macchina umana", con particolare riferimento alle parti di sostituzione, ai modelli matematici e fisici utilizzati nell'ambito della biomeccanica dell'interazione uomo-veicolo in condizioni d'urto e della biomeccanica dell'urto veicolo-pedone, all'ergonomia dell'abitacolo del veicolo e al comfort acustico-vibrazionale. Altro obiettivo del corso è quello di approfondire la formazione metodologica dell'ingegnere meccanico strutturista mediante l'applicazione dei metodi dell'ingegneria meccanica strutturale all'analisi di sistemi biomeccanici, notoriamente costituiti prevalentemente da materiali non omogenei, anisotropi, a comportamento non lineare, sollecitati staticamente e dinamicamente. Agli studenti non meccanici verrà fornito supporto didattico idoneo a permettere di seguire e assimilare gli argomenti trattati a lezione.

### **PROGRAMMA**

#### **BIOMECCANICA CLINICA (crediti: 6)**

##### *Progettazione e costruzione di sistemi biomeccanici*

- Progettazione dell'intervento chirurgico: dalla diagnosi alla costruzione del sistema
- Verifica clinica interdisciplinare del progetto e analisi del *follow-up*

##### *Biomeccanica ortopedica*

- Protesi articolari portanti e non (anca, ginocchio, caviglia, spalla, gomito): descrizione, metodi di progettazione, aspetti funzionali e di resistenza a fatica e a usura
- Corsetti per la correzione delle deformità della colonna vertebrale
- Arti artificiali attivi e passivi: problemi funzionali, strutturali e di accoppiamento con il corpo umano

##### *Biomeccanica odontostomatologica*

- Modelli matematici del sistema odontostomatologico
- Protesi rimovibili ed impianti: criteri di progettazione e metodi di valutazione

##### *Biomeccanica cardiocircolatoria*

- Protesi valvolari biologiche e meccaniche
- Attrezzature per l'assistenza cardiocircolatoria
- Analisi acustica dei toni cardiaci

#### **BIOMECCANICA DELL'AUTOVEICOLO**

##### Human Factors

Metodologie biomeccaniche nella progettazione delle carrozzerie di autoveicoli

Urto veicolo-pedone (modelli FEM e multibody)

Altri argomenti variabili di anno in anno

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

E' prevista la suddivisione in squadre per la realizzazione di esercitazioni in laboratorio, relativamente alle quali si richiede una relazione.

- Fotoelasticità applicata alle strutture scheletriche
- Misurazione della pressione plantare mediante baropodometro
- Costruzione di un modello agli elementi finiti di una struttura biologica
- Visita ad una Officina ortopedica
- Visita ad una azienda biomedica
- Visita ad una sala operatoria
- Visita a laboratori industriali

## BIBLIOGRAFIA

Dispense fornite durante il corso

## ESAME

Prova scritta seguita da una verifica orale. La valutazione finale tiene conto della partecipazione dimostrata e della qualità delle relazioni relative alle esercitazioni svolte.

## PROGRAMMA

1. Ciclo frigorifero a compressione di vapore semplice e doppio: principi di funzionamento e verifica nei piani (T, S, h, s).
2. Ciclo frigorifero a vapore con doppia compressione: principi di funzionamento.
3. Ciclo frigorifero ad assorbimento: principi di funzionamento.
4. Liquefazione e refrigerazione Lander: bilancio energetico ed energetico del compressore; gamma di scambio termico. Variante con refrigerante ausiliario.
5. Liquefazione e refrigerazione Claude: trattato come al punto precedente.



## **P1165 CRIOGENIA / TECNICA DEL FREDDO (I)**

Anno: 5	Periodo: 1		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 4	esercitazioni: 3	laboratori: 1
Docente:	<b>Armando TUBERGA</b>		

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Scopo del corso è di fornire allo studente i criteri necessari a comprendere il funzionamento degli impianti che lavorano a temperature inferiori all'ambiente; con l'analisi exergetica si evidenziano le situazioni costruttive e funzionali che favoriscono i fenomeni irreversibili e il conseguente maggior consumo di energia pregiata. Nella tecnica del freddo si studiano i cicli frigoriferi a compressione di vapore, ad assorbimento, a gas e termoelettrici. Nella criogenia si illustrano i processi di liquefazione e separazione dei gas, e la conservazione dei prodotti liquefatti.

### **REQUISITI**

Fisica tecnica, Analisi matematica, Fisica.

### **PROGRAMMA**

- Problemi e applicazioni della tecnica frigorifera e criogenica. Cenni sullo sviluppo storico del freddo.
- Concetto generalizzato di exerzia associata a vari tipi di energia. Rendimenti exergetici di impianti e componenti.
- Cicli frigoriferi a compressione di vapore a semplice e doppia compressione, in cascata; analisi delle perdite exergetiche.
- Cicli frigoriferi ad assorbimento; proprietà della miscela acqua-ammoniaca; assorbimento del vapore frigorigeno e separazione con distillazione frazionata; bilancio energetico ed exergetico.
- Cicli frigoriferi a gas, Stirling rigenerativo, a refrigerazione magnetica, a diluizione; termoelettricità; refrigerazione termoelettrica.
- Proprietà dei materiali a basse temperature.
- Liquefazione dei gas; machina di Linde, Claude, Heylandt, Kapitzka; produzione di gas liquefatto o di freddo.
- Separazione di miscele gassose; lavoro minimo teorico; rettifica semplice e doppia; separazione dei gas rari dall'aria; purificazione dei gas.
- Bilanci exergetici e particolari costruttivi di compressori, scambiatori, rigeneratori, espansori, valvole; isolamento termico dei contenitori criogenici con elementi di tecnica del vuoto; impianti di conservazione e trasporto di gas liquefatto.

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

1. Ciclo frigorifero a compressione di vapore, monostadio; calcolo delle perdite exergetiche dei singoli componenti ripartite tra perdite per attrito e perdite termiche; rappresentazione e verifica nei piani (T,s) e (h,s).
2. Ciclo frigorifero a vapore con doppia compressione e doppia espansione; bilanci di I e II principio.
3. Frigorifero ad assorbimento acqua ammoniacca; diagrammi entalpia-concentrazione e entropia-concentrazione.
4. Liquefattore e refrigeratore Linde; bilancio energetico ed exergetico dei componenti; diagramma di scambio termico. Variante con frigorifero ausiliario.
5. Liquefattore e refrigeratore Claude, trattato come al punto precedente.

6. Impianto di separazione aria; colonna a doppia rettifica per ossigeno ed azoto.
7. Contenitore per ossigeno liquido; verifiche dell'isolamento termico; verifica meccanica di stabilità per i cilindri esterno ed interno.

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ E. Bonauguri, D. Miari, *Tecnica del Freddo*, Hoepli Milano 1977.
- ✓ R. Barron, *Cryogenic systems*, McGraw-Hill.
- EVENTUALI TESTI AUSILIARI
- L. Borel, *Thermodynamique et energetique*, Press polytechn. Romasndes, Lausanne, 1984. (3000)

## ESAME

Orale

## PROGRAMMA

Laurea in Ingegneria Industriale - Corso di Laurea in Ingegneria Industriale - Dipartimento di Ingegneria Industriale - Università degli Studi di Padova

Il corso ha lo scopo di fornire allo studente le conoscenze teoriche e pratiche relative alla progettazione e alla costruzione di impianti di refrigerazione e di condizionamento dell'aria e del gas.

Il corso è articolato in tre parti: 1) principi generali della refrigerazione e del condizionamento dell'aria e del gas; 2) impianti di refrigerazione e di condizionamento dell'aria e del gas; 3) impianti di refrigerazione e di condizionamento dell'aria e del gas.

1) Principi generali della refrigerazione e del condizionamento dell'aria e del gas. Ciclo frigorifero a compressione di vapore; ciclo frigorifero a assorbimento; ciclo frigorifero a pompa di calore; ciclo frigorifero a compressione di gas; ciclo frigorifero a compressione di gas.

2) Impianti di refrigerazione e di condizionamento dell'aria e del gas. Impianti di refrigerazione e di condizionamento dell'aria e del gas; impianti di refrigerazione e di condizionamento dell'aria e del gas; impianti di refrigerazione e di condizionamento dell'aria e del gas.

## LABORATORI

1. Ciclo frigorifero a compressione di vapore: impianto di laboratorio per la misura delle prestazioni e per la verifica dei principi di funzionamento.
2. Ciclo frigorifero a compressione di gas: impianto di laboratorio per la misura delle prestazioni e per la verifica dei principi di funzionamento.
3. Impianto di refrigerazione a assorbimento: impianto di laboratorio per la misura delle prestazioni e per la verifica dei principi di funzionamento.
4. Impianto di refrigerazione a pompa di calore: impianto di laboratorio per la misura delle prestazioni e per la verifica dei principi di funzionamento.
5. Impianto di refrigerazione a compressione di gas: impianto di laboratorio per la misura delle prestazioni e per la verifica dei principi di funzionamento.

Anno: 3

Periodo: 1

Docenti:

A. ZOMPI, R. LEVI

**PROGRAMMA**

Crediti: 7

Contenuti e finalità ed organizzazione del corso. Schemi dei principali processi di lavorazione mediante fusione, deformazione plastica ed asportazione di truciolo per la produzione di pezzi meccanici. I materiali metallici, loro designazione unificata e proprietà meccaniche in relazione ai processi di lavorazione. I fondamenti del comportamento meccanico dei materiali metallici. Prova di trazione e relativa normativa unificata. Curve tensioni nominali -deformazioni nominali e curve tensioni vere-deformazioni vere. Caratteristiche elastiche e plastiche dei materiali metallici. Formulazione analitica della curva di flusso plastico. Durezza e prove di durezza. Prove di durezza Brinell, Rockwell, Vickers, Knoop. Scale di durezza. Correlazione fra durezza e resistenza di un materiale metallico. Instabilità in trazione. Prova di compressione. Influenza della velocità di deformazione e della temperatura sulla resistenza alla deformazione. Influenza della tensione idrostatica. Richiami sulle tolleranze, dimensionali e geometriche, in relazione con i processi di lavorazione. Criteri di scelta e condizioni funzionali, metodi di misura. (crediti 7)

Trasmissione del moto mediante flessibili (cinghie piane, cinghie trapezoidali e cinghie dentate, catene); profilo di una ruota dentata per catene a rulli. Giunti ed innesti. Ruote di frizione e ruote dentate. Geometria e costruzione del profilo dei denti ad evolvente di cerchio. Nomenclatura, elementi caratteristici di una ruota dentata e proporzionamento modulare. Dentiera di riferimento. Dentatura normale e correzione dei profili dentati con spostamento delle circonferenze primitive. Schemi di ingranaggi ad assi paralleli a denti diritti ed elicoidali. Trasmissioni con ingranaggi. Forze scambiate fra ingranaggi a denti diritti e a denti elicoidali: determinazione delle reazioni sui supporti. Ruote dentate coniche: nomenclatura ed elementi geometrici caratteristici. Forze scambiate nell'ingranamento di una coppia di ruote coniche a denti diritti e reazioni sui supporti. Coppia vite senza fine - ruota elicoidale: forze scambiate e reazioni sui supporti. Quotatura delle ruote dentate e scelta della finitura superficiale, delle tolleranze dimensionali e di forma. Cuscinetti radenti e volventi. Cenni sui cuscinetti a sustentamento idrodinamico. Classificazione e unificazione dei cuscinetti volventi. Criteri di scelta e di montaggio dei cuscinetti in relazione ai carichi da sopportare: cuscinetti radiali, assiali e obliqui; cuscinetti rigidi e oscillanti. Scelta delle tolleranze dimensionali nel montaggio dei cuscinetti. Calcolo a durata dei cuscinetti, anche in relazione alle condizioni di lubrificazione. Guarnizioni e dispositivi di tenuta. Schemi di montaggio dei cuscinetti. (crediti 1)

Schemi delle principali operazioni di tornitura e relativi metodi di afferaggio del pezzo. Cenni sui torni a CN. Cinematica del taglio con utensile monotagliante. Angoli di taglio. Rugosità teorica in tornitura. Finitura superficiale e rugosità: designazione in relazione alle lavorazioni meccaniche. Lavorazione dei fori: centratura, foratura, allargatura, alesatura, svasatura, lamatura, maschiatura. Elementi geometrici caratteristici degli utensili impiegati. Operazioni di fresatura: fresatura frontale e periferica. Schemi delle principali operazioni di fresatura. Cenni sui centri di lavorazione a CN. Taglio delle ruote dentate cilindriche con frese modulari. Schemi delle operazioni di dentatura con utensili Fellows, dentiera Maag, creatore Pfauter: schemi delle lavorazioni, caratteristiche degli utensili. Cenni sulla finitura superficiale degli ingranaggi: sbarbatura, rettifica. Operazioni di brocciatura: schema della lavorazione, caratteristiche degli utensili e schema funzionale della macchina. Operazioni di rettificatura: cilindrica di superfici interne ed esterne, di superfici piane, di forma. (crediti 1)

Cicli di lavorazione di pezzi meccanici: fasi, sottofasi e operazioni elementari. Semilavorati di partenza e loro scelta in funzione del lotto di produzione. Superfici di riferimento e di bloccaggio. Scelta degli utensili, dei processi di lavorazione e delle attrezzature. Sequenza delle operazioni. Determinazione dei parametri di taglio per le varie operazioni. Tempi di lavorazione in tornitura, foratura, alesatura, fresatura, rettificatura. Esempi e commento di alcuni cicli di lavorazione. (crediti 1)

Basi fisiche del processo di taglio dei metalli. La formazione del truciolo: modelli di studio a zona di deformazione e a piano di scorrimento. Modello di Piispanen. Il fattore di riscaldamento e la deformazione del truciolo. Condizioni di taglio ortogonale. L'attrito tra superfici metalliche nelle lavorazioni meccaniche: leggi di Amonton e modello di attrito coulombiano. Teoria dell'adesione. Velocità di taglio, velocità di flusso e velocità di scorrimento. Velocità di deformazione. Analisi delle forze di taglio nel sistema utensile-truciolo-pezzo. Teorie sul taglio dei metalli: teoria di Merchant, Lee & Shaffer e di Kronenberg. Cenni sulla formazione del truciolo in condizioni di taglio tridimensionale: equazione di Stabler. (crediti 1)

Pressione di taglio e pressione specifica di taglio. Determinazione delle forze di taglio mediante il metodo della pressione specifica di taglio. Dipendenza della pressione di taglio dai parametri geometrici e tecnologici della lavorazione. Cause di decadimento di un tagliente: rottura catastrofica ed usura. Fenomeni termici nel taglio dei metalli. Influenza della velocità di taglio e delle sollecitazioni meccaniche e termiche sull'usura di un tagliente. Usura sul fianco e per caratterizzazione. Curve di usura. Cause di usura: abrasione, adesione, diffusione, ossidazione. Criteri per la determinazione della durata di un tagliente. Equazione di Taylor e sua generalizzazione. Cenni sulla durata di un tagliente come fenomeno probabilistico. (crediti 1)

Materiali per utensili: caratteristiche meccaniche e tecnologiche. Acciai al carbonio, rapidi e superrapidi. Leghe dure non ferrose. Carburi metallici sinterizzati e loro unificazione ISO. Inserti sinterizzati a base di WC. Carburi metallici rivestiti. Materiali ceramici e cermets. Sistemi di bloccaggio degli inserti taglienti. Sialon, CBN e PCD. Confronto fra i vari materiali per utensili e loro campi di impiego. Scelta dei parametri di taglio in funzione del materiale dell'utensile e del tipo di operazione. Operazioni di foratura: geometria degli utensili e relativi parametri di taglio. Calcolo della coppia, della resistenza alla penetrazione e della potenza di taglio in foratura. Operazioni di fresatura. Geometria degli utensili ed angoli di taglio caratteristici. Spessore del truciolo nella fresatura frontale e periferica; calcolo delle forze e delle potenze di taglio. Criteri di riaffilatura delle frese di forma e delle frese a denti acuti. (crediti 1)

## ESERCITAZIONI DI AULA E DI LABORATORIO

- Disegni di particolari meccanici e di complessivi tipici, con riferimento alla costruzione delle macchine utensili. Cicli di lavorazione di particolari meccanici. Proiezione e commento di filmati su lavorazioni meccaniche e formazione del truciolo. (crediti 2)

- Rilievo delle caratteristiche meccaniche di materiali metallici: prova di trazione su materiali metallici, prove di durezza Brinell, Rockwell, Rockwell. Osservazione dei principali processi di lavorazione meccanica e misura delle forze di taglio in tornitura e foratura. Metrologia d'officina. Collaudo dimensionale di pezzi meccanici. Strumenti di misura: calibro a corsoio, micrometro, comparatore, blocchetti di riscontro, calibri "passa" e "non-passa", rugosimetro. (crediti 1)

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ G. Manfè, R. Pozza, S. Scarato, "Disegno Meccanico", Vol. 2 e 3, Principato, Milano 1992.
- ✓ S. Kalpakjian, "Manufacturing Processes for Engineering Materials", Addison Wesley, Reading 1991.
- ME/DI SVILUPPO, "Tecnologia Meccanica e Laboratorio Tecnologico", Giunti, Torino 1995. (2 copie)

## **P1430      DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE**

Anno: 2

Periodo: 1

Impegno (ore totali)

lezione: 50      esercitazione: 30      laboratorio: 40

Docente:

**Giovanni PODDA** (Dipartimento dei Sistemi di Produzione ed Economia dell'Azienda, tel. 564.7239; e-mail: podda@polito.it; orario di ricevimento consultare la bacheca della segreteria didattica)

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di fornire agli allievi ingegneri meccanici nozioni e strumenti

- per rappresentare graficamente gli organi di macchine, secondo la normativa tecnica ;
- per interpretare i disegni tecnici, riconoscendo la geometria e la funzione dei vari componenti ;
- per dimensionare con quote e tolleranze gli elementi rappresentati ai fini costruttivi e funzionali ;
- per conoscere ed applicare curve e superfici per interpolazione ed approssimazione ;
- per gestire un software di disegno automatico bidimensionale e tridimensionale .

### **REQUISITI**

E' richiesta una conoscenza della geometria analitica e dei fondamenti di DOS-Windows.

### **PROGRAMMA**

**I MODULO: LE BASI DEL DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE ED IL DISEGNO MECCANICO**

Impegno (ore)      lezione: 30      esercitazione in aula: 30

#### **1) Introduzione al disegno (2 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
- L'unificazione dei disegni ed il formato dei fogli

#### **2) Le proiezioni ortogonali (4 ore)**

- Le proiezioni di punti, segmenti e figure
- Le proiezioni di solidi
- Le sezioni
- Le norme di rappresentazione

#### **3) Le proiezioni assonometriche (2 ore)**

- Il teorema di Pohlke
- Le assonometrie ortogonali ed oblique

#### **4) Cenni sulle lavorazioni meccaniche (2 ore)**

- Le lavorazioni per asportazione di truciolo e per deformazione plastica

#### **5) La quotatura (2 ore)**

- La quotatura funzionale e la quotatura tecnologica
- La disposizione delle quote

#### **6) La rappresentazione degli errori (10 ore)**

- Le tolleranze dimensionali
- Il sistema unificato ISO di tolleranze
- I collegamenti foro-base ed albero-base
- La misura della rugosità
- Le tolleranze geometriche
- I riferimenti
- Il principio del Massimo Materiale
- Cenni di Metrologia meccanica
- I criteri di misura e di accettazione del pezzo

### 7) I collegamenti filettati (4 ore)

- Gli elementi filettati: definizioni
- I profili delle filettature ed i loro usi
- I dispositivi antisvitamento

### 8) I collegamenti meccanici (4 ore)

- Le chiavette e le linguette
- I profili scanalati
- Le spine e gli anelli elastici
- Le chiodature e le saldature

### ESERCITAZIONI IN AULA

- Rappresentazione di elementi meccanici in assonometria ed in proiezione ortogonale (10 ore)
- Rappresentazione in proiezione ortogonale quotata di elementi meccanici singoli o estratti da complessivi (20 ore)

### II MODULO: IL DISEGNO ASSISTITO

Impegno (ore) lezione: 20 esercitazionale LAIB: 40

### 9) Le trasformazioni prospettiche (6 ore)

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

### 10) L'Interpolazione e l'Approssimazione (6 ore)

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

### 11) Le applicazioni grafiche per la comunicazione (2 ore)

- I Diagrammi, i Nomogrammi e gli Istogrammi
- I fogli di calcolo ed il plottaggio dei dati

### 12) I software grafici bi e tridimensionali (6 ore)

- Le primitive bidimensionali
- L' editing
- I blocchi ed i tratteggi
- La quotatura e le tolleranze
- Le primitive tridimensionali
- La modellazione solida

### ESERCITAZIONI AL LAIB

- Rappresentazione di curve e superfici parametrizzate mediante software grafico dedicato (10 ore)
- Rappresentazione di elementi meccanici mediante software grafico dedicato (30 ore)

### BIBLIOGRAFIA

- parte 1 :

- ✓ Chirone E., Tornincasa S., *Disegno Tecnico Industriale*, il Capitello, Torino, 1997. vd 2 (100%)

- parte 2 :

- ✓ Kalameja A.J., *The AutoCAD tutor*, DELMAR, Albany, 1989;

Testi ausiliari :

- ✓ Orlando M., Podda G., *Lineamenti di disegno automatico*, parte II, CLUT, Torino, 1994;

- ✓ Krishnan G.V., Rhea R.A., Taylor J.E., *Harnessing Microstation vers.5*, Delmar, Albany, 1994. (30%)

- ✓ Mortenson M.E., *Modelli Geometrici*, Mc Graw-Hill, Milano, 1989

### ESAME

L'esame consiste in una prova grafica (2 ore), una prova teorica (45'), una prova di disegno assistito (1 ora) ed una valutazione delle esercitazioni (tavole) svolte durante il corso.

## P1530 ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

Anno: 5

Periodo: 2

Impegno (ore sett.)

lezioni: 5

esercitazioni: 3

Docente:

**Nicola DELLEPIANE** (I corso), **Antonino CARIDI** (II corso)

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso presenta i principi, le metodologie e le applicazioni dell'economia aziendale alle decisioni sia di gestione operativa (programmazione) che di evoluzione e sviluppo (pianificazione) dell'azienda ed alle decisioni di controllo di piani e programmi. Di tali processi decisionali e delle relative conseguenze operative si evidenziano i principali riflessi organizzativi.

### REQUISITI

In relazione ad alcuni argomenti del programma si presentano nozioni propedeutiche di matematica finanziaria statistica e ricerca operativa.

### PROGRAMMA

- Analisi del sistema aziendale e dei suoi rapporti con l'ambiente [8 ore]
- Metodologie di analisi previsionale [8 ore]
- Principi di analisi economica per le decisioni aziendali [14 ore]
- Metodologie di analisi economica per le decisioni di pianificazione con particolare riferimento alle decisioni di investimento nell'area di produzione e nel sistema logistico aziendale [20 ore]
- Metodologie di analisi tecnico-economica per le decisioni di programmazione con particolare riferimento alla produzione, nell'ottica concettuale operativa di un sistema logistico aziendale [28 ore]
- Metodologie di analisi tecnico-economica per il controllo qualitativo della produzione [10 ore]
- Metodologie per il controllo economico di gestione [10 ore]
- Sintesi dei risultati economico finanziari dell'azienda [12 ore]

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Consistono in esercizi e analisi di brevi casi prevalentemente relativi a problemi di decisione

### BIBLIOGRAFIA

#### Testi di riferimento

- N. Dellepiane, *Le Analisi di costo - quantità - utile dei sottosistemi aziendali per le decisioni di gestione d'impresa*, Levrotto & Bella, Torino (1 copia)
- N. Dellepiane, *Analisi economiche per la preparazione del piano integrato di gestione aziendale*, Giappichelli, Torino. (2 copie)
- N. Dellepiane, *Investment and financing decisions*, Giappichelli, Torino. (2 copie)
- ✓ N. Dellepiane, *Formulazione e utilizzazione razionale dei criteri fondamentali per la scelta degli investimenti*, Levrotto & Bella, Torino.
- ✓ N. Dellepiane, *Approfondimenti e conseguenze delle ipotesi di reinvestimento nei criteri di scelta degli investimenti*, Levrotto & Bella, Torino
- N. Dellepiane, *Documenti economico-finanziari di sintesi della gestione aziendale*, Giorgio, Torino (2 copie)
- N. Dellepiane, *The impacts of computer integrated manufacturing on company and industry: a survey and research*, Giappichelli, Torino (3 copie)
- ✓ A. Caridi, *Tecniche e organizzative e decisionali per la gestione aziendale*, Levrotto & Bella, Torino.
- ✓ A. Caridi, *Pianificazione capacità produttiva e programmazione della produzione*, Levrotto & Bella

✓A. Caridi, *Il sistema azienda, obiettivi e strategie*, Levrotto & Bella, Torino

✓A. Caridi, *L'analisi decisionale*, Levrotto & Bella, Torino

✓E. Lotti, *Come dirigere un'azienda*, Levrotto & Bella, Torino

A. Caridi, *A new methodology to analyse a firm's competitiveness* American Society For Competitiveness 96

→A. Caridi, *Metodologie per la gestione operativa delle imprese*, Levrotto & Bella, Torino

(2004)

## ESAME

Esame scritto e orale

### ESERCIZIO 1

Il sistema azienda è un insieme di attività coordinate e integrate che, attraverso l'impiego di risorse, produce beni e servizi per soddisfare i bisogni della società. Il sistema azienda è caratterizzato da una struttura gerarchica e da una divisione del lavoro. Le attività sono organizzate in funzioni e reparti, che operano in modo coordinato per raggiungere gli obiettivi dell'azienda. Il sistema azienda è influenzato da fattori esterni e interni, che possono condizionare il suo sviluppo e la sua performance. L'analisi del sistema azienda è un processo complesso che richiede l'impiego di metodologie e strumenti specifici. L'obiettivo è quello di comprendere il funzionamento del sistema azienda e di individuare le aree di miglioramento. L'analisi del sistema azienda è un processo continuo che si evolve nel tempo in base alle esigenze della società e alle innovazioni tecnologiche. L'analisi del sistema azienda è un processo multidisciplinare che coinvolge diverse aree di competenza, come l'economia, la sociologia, la psicologia e la tecnologia. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di dati e informazioni accurate e aggiornate. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di metodologie e strumenti innovativi e sofisticati. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di risorse umane e materiali adeguate. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di tempo e denaro in modo efficiente e produttivo. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di competenze e abilità specifiche. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di una cultura aziendale orientata al miglioramento e all'innovazione. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di una leadership efficace e visionaria. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di una comunicazione chiara e trasparente. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di una collaborazione e un lavoro di squadra. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di una flessibilità e un'adattabilità alle circostanze. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di una perseveranza e un'ostinazione nel perseguire gli obiettivi. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di una curiosità e un'apertura mentale. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di una responsabilità e un'impegno personale. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di una passione e un'entusiasmo. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di una creatività e un'originalità. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di una perseveranza e un'ostinazione nel perseguire gli obiettivi. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di una curiosità e un'apertura mentale. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di una responsabilità e un'impegno personale. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di una passione e un'entusiasmo. L'analisi del sistema azienda è un processo che richiede l'impiego di una creatività e un'originalità.

### ESAME

## P1700 ELETTROMETALLURGIA

Anno: 5                      Periodo: 2  
Impegno (ore totali)      lezioni: 56                      esercitazioni: 28  
Docente:                      **Bruno DE BENEDETTI** (collab.: **Giovanni MAIZZA**)

---

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso ha lo scopo di fornire i principi impiantistici delle varie tecnologie metallurgiche che utilizzano elettricità come fonte energetica primaria. In tale ambito si porrà particolarmente l'accento sulle problematiche relative alla conduzione degli impianti.

Il corso si rivolge a studenti con sufficiente preparazione di base nell'ambito della metallurgia di processo e dell'elettrotecnica. Essendo un corso di tipo applicativo l'estensione degli argomenti potrà variare in modo significativo rispetto all'impegno previsto nel programma in dipendenza di opportuni aggiornamenti della tecnologia.

### PROGRAMMA

- Trasformazione dell'energia elettrica in calore (per resistenza, per arco, per induzione) e relativo trasferimento alla carica metallica dei forni. Classificazione dei principali tipi di forni metallurgici. [10 ore]
- Acciaieria elettrica: descrizione dei flussi energetici e di materiale. Potenza attiva e reattiva, diagramma circolare del forno elettrico. Condizioni di marcia dei forni ad arco: fusione della carica, scorifica, affinazione, colata. Metallurgia in siviera con e senza apporto di energia, trattamenti sotto vuoto ed in gas inerte. Colata in lingottiera. Colata continua. *Stirring* elettromagnetico in siviera e in colata continua. Rifusione dei lingotti: in forno ad arco sotto vuoto o sotto scoria elettroconduttrice. [20 ore]
- Impiego dei principali forni elettrici ad induzione in fonderia. Ghisa: fusione di rottame, omogeneizzazione delle leghe provenienti dal cubilotto. [6 ore]
- Forni elettrolitici per la produzione di alluminio primario. Confronto energetico col ciclo di raffinazione dei rottami. [8 ore]
- Rassegna di processi particolari di interesse elettrometallurgico con particolare riguardo a: saldatura; processi a corrente costante e tensione costante, applicazioni alla saldatura dei principali materiali di interesse ingegneristico. Trattamenti termomeccanici utilizzando il riscaldamento induttivo. [12 ore]

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni integrano le lezioni fornendo approfondimenti relativi al dimensionamento ed alla verifica dei principali tipi di impianto.

### BIBLIOGRAFIA

- ✓ L. Di Stasi, *Forni elettrici*, Patron, Bologna, 1976.
- ✓ J.H. Brunklaus, *I forni industriali*, Tecniche ET, Milano, 1985. (2 copie)
- ✓ H.B. Cary, *Modern welding technology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1979.

### ESAME

È previsto un solo accertamento finale tramite un colloquio orale. Il calendario viene stabilito in occasione di ogni appello in modo da favorire la massima flessibilità delle prove nel rispetto delle regole di Facoltà.

Anno: 4	Periodo: 1		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 4	esercitazioni: 3	laboratori: 1
Docente:	<b>Maurizio ZAMBONI</b>		

## **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso intende fornire i principi base dell'elettronica con particolare riferimento alle applicazioni dei dispositivi, dei componenti elettronici e dei sistemi elettronici soprattutto in relazione alle loro applicazioni in ambiente industriale.

## **REQUISITI**

Sono propedeutiche le nozioni del corso di *Elettrotecnica*.

## **PROGRAMMA**

- Richiami di elettrotecnica. Partitore, equivalente di Thévenin e Norton. Calcolo simbolico. Trasformata di Laplace.
- Funzione di rete. Stabilità. Piano di Bode. Decibel. Diagrammi di Bode del modulo e della fase di poli e zeri del primo ordine. Esempi di curva di risposta. Banda passante.
- Definizione del doppio bipolo. Amplificatori ideali di tensione, corrente, transresistenza e transconduttanza. Cascata di doppi bipoli.
- Risposta al transitorio di reti RC. *Tilt* e tempo di salita. Uso dell'onda quadra per lo studio degli amplificatori.
- Introduzione ai semiconduttori. La giunzione *pn*. Caratteristica del diodo. Zona di *break-down*. Diodo Zener.
- Circuito del diodo per piccolo e grande segnale. Circuiti limitatori e formatori. Voltmetri di cresta. Raddrizzatori ad una e doppia semionda. Ponte di diodi. Regolatori con Zener.
- Comportamento termico dei dispositivi. Transistore bipolare. Funzionamento in linearità, saturazione e interdizione. SOA.
- Polarizzazione del transistore. Modello per piccolo segnale. Stadi CC e CE. Darlington. *Derive*. Amplificatori per alternata e continua.
- Stadio differenziale. *Offset* e *derive*.  $V_{off}$ ,  $I_{bias}$  e  $I_{off}$ . Accenni ai JFET e MOSFET.
- Operazionale. Modello per modo comune e differenziale. *Offset* e *derive*. Amplificatori di tensione e corrente. Effetti della non idealità di  $A_p$ . Impedenza di ingresso ed uscita.
- Amplificatori di transresistenza e di tensione invertente. Sommatori, integratori e derivatori. Amplificatori di transconduttanza e di corrente. Reazione negativa. Stabilità nel dominio del tempo e della frequenza.
- Studio della stabilità in sistemi reazionati. Margine di fase e di guadagno. Calcolo del guadagno. Compensazione a polo dominante e a polo-zero. Considerazione sugli operazionali commerciali.
- Comparatori di soglia senza e con isteresi. Generatori di forme d'onda. Astabile, generatore di onda triangolare e sinusoidale.
- Regolatori di tensione regolabili e fissi. Regolatori a tre terminali (78XX). Alimentatori *switching step-up, step-down* e *fly-back*.
- Sistemi di acquisizione dati. Teorema del campionamento. Quantizzazione.
- Convertitori DAC. DAC a resistenze pesate. DAC a rete R-2R, potenziometrici, a capacità commutate. Analisi degli errori.
- Convertitori ADC. Caratteristiche ed errori. ADC ad inseguimento, ad approssimazioni successive, *flash*, a singola e doppia rampa.

- *Sample and hold*. Caratteristiche ed errori. Circuiti con due operazionali.
- Segnali logici. Livelli di tensione e di correnti. *Fan out*, compatibilità. Tempo di propagazione. Consumo. Logiche TTL e CMOS.
- Stadi di uscita *totem-pole*, *open collector* e *three state*. Blocchi combinatori (MPX, ALU, *decoder*, *multiplier*). FF-SR. Circuiti sequenziali.
- Circuiti sincroni. FF JK e D. Sincronizzazione ed orologio (*clock*). PET, NET, *latch*. Progetto di contatori, *shift*, macchine a stati.
- (Memorie (ROM, RAM, PROM, EPROM,...)).

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

1. Reti elettriche, funzioni di trasferimento.
2. Analisi del transitorio, risposta all'onda quadra.
3. Circuiti con diodi (limitatori, formatori, circuiti di protezione).
4. Circuiti con diodi Zener (regolatori).
5. Operazionali: lettura e commento delle caratteristiche.
6. Operazionali: *offset* e *derive*, dimensionamento dei componenti esterni.
7. Operazionali: circuiti base (amplificatori, sommatore, filtri).
8. Operazionali: circuiti non lineari (diode ideale, raddrizzatori).
9. Generatori di forma d'onda.
10. Alimentatore stabilizzato 78xx.
11. Famiglie logiche (lettura caratteristiche, interfacciamento, progetto di circuiti elementari).

L'attività di laboratorio consisterà in:

1. Uso di alcune apparecchiature elettroniche (oscilloscopio, generatore di segnale, alimentatore).
  2. Comportamento di circuiti RC, rivelatori di cresta.
  3. Circuiti con operazionali (amplificatori, sommatore, filtri).
- Famiglie logiche (transcaratteristica, tempi di propagazione, interfacciamento).

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Non esiste un testo che copra tutti gli argomenti del corso al livello richiesto.

Testi ausiliari:

- ✓ T.F. Bogart, *Electronic devices and circuits*, Merril-Macmillan, 1993.
- E. Cuniberti [et al.], *Elettronica: componenti e tecniche circuitali*, Pettrini, 1993. (2 copie)
- ✓ J. Millman, A. Grabel, *Microelectronics*, McGraw-Hill, 1987.

## ESAME

Prova scritta di 40 minuti relativa a semplici progetti usando le metodologie studiate ad esercitazione. Prova orale sulla teoria.

# P1795 ELETTEOTECNICA / MACCHINE ELETTRICHE (i)

Anno: 2	Periodo: 2	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6	esercitazioni: 2
Docenti:	<b>Maurizio REPETTO, Aldo BOGLIETTI</b>	

## PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso comprende la trattazione di fenomeni elettrici e magnetici a bassa frequenza, con particolare attenzione alla conversione elettromeccanica dell'energia ed al principio di funzionamento delle principali macchine elettriche. Scopo del corso è fornire le basi metodologiche per un utilizzo razionale, corretto e sicuro delle apparecchiature elettriche.

## REQUISITI

Analisi matematica 1 e 2, Fisica 1 e 2.

## PROGRAMMA

### *Circuiti.*

Modello circuitale dei fenomeni elettromagnetici, ipotesi fondamentale del modello circuitale, definizione di componente e classificazione dei componenti ideali cenni ai componenti reali, leggi dei circuiti. [6 ore]

Teoremi di rete: teorema di sovrapposizione, teoremi dei circuiti equivalenti di Thévenin e di Norton, teorema di Millmann, trasformazioni energetiche nei circuiti e teorema di Tellegen. [4 ore]

Evoluzione dei circuiti nel tempo delle reti lineari tempo-invarianti, richiami alla soluzione delle equazioni differenziali a coefficienti costanti, nozione di transitorio e regime, transitori nei circuiti del primo ordine, carica del condensatore e dell'induttore. [6 ore]

Regime sinusoidale, metodo simbolico, impedenza ed ammettenza, diagrammi vettoriali, fenomeno della risonanza ed antirisonanza, potenza nei circuiti in regime sinusoidale, potenza attiva e reattiva, rifasamento. [10 ore]

Sistema trifase, definizioni, generatori e carichi trifase, collegamenti a stella e triangolo, metodi di soluzione di circuiti trifase equilibrati e non, misura della potenza. [8 ore]

### *Campi.*

Richiami di algebra vettoriale, equazioni di Maxwell in forma integrale, equazioni di legame materiale, classificazione dei materiali di interesse tecnico, materiali dielettrici conduttori e magnetici fenomeno della nonlinearietà ed isteresi magnetica. [4 ore]

Campo elettrostatico, capacità e rigidità dielettrica. [2 ore]

Campo di corrente, resistenza, dispersori di terra. [2 ore]

Campo magnetico statico e lentamente variabile, circuiti magnetici, riluttanza ed induttanza, mutua induttanza, energia nei circuiti magnetici lineari e nonlineari induzione elettromagnetica trasformatorica e mozionale, perdite nel ferro. [5 ore]

Bilancio energetico delle trasformazioni elettromeccaniche, principio dei lavori virtuali e calcolo di forze nei circuiti magnetici. [5 ore]

### *Elementi di impianti elettrici e sicurezza elettrica.*

Dimensionamento e protezione dei conduttori impianti a bassa tensione, impianti di terra, cenni alle normative antinfortunistiche, interruttore differenziale. [6 ore]

### *Macchine elettriche.*

Macchina elettrica a corrente continua, commutazione, cenni costruttivi equazioni della macchina, eccitazione indipendente, serie e derivata, caratteristiche meccaniche, regolazione e problemi di avviamento. [8 ore]

Trasformatore monofase, trasformatore ideale e circuito equivalente del trasformatore reale, prova a vuoto ed in corto circuito, determinazione dei parametri di macchina, parallelo di trasformatori, trasformatori trifase, gruppo orario. [6 ore]

Motore ad induzione, principio del campo rotante di Galileo Ferraris, circuito equivalente, prove a vuoto ed in corto circuito, caratteristica meccanica, regolazione di velocità, motore asincrono monofase. [8 ore]

Cenni alla macchina sincrona e *brushless*. [2 ore]

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni sui circuiti. [12 ore]

Esercitazioni sui campi. [4 ore]

Esercitazioni sulle macchine. [8 ore]

## BIBLIOGRAFIA

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

✓ L. Olivieri, E. Ravelli, *Principi ed applicazioni di elettrotecnica*, CEDAM, Padova.

## ESAME

L'esame è composto da una prova scritta e da un colloquio. Il superamento della prova scritta è vincolante per l'ammissione all'orale. La prova scritta comprende tre esercizi sulle parti del corso per la cui soluzione è possibile la consultazione di testi ed appunti. La presa visione del testo di esame comporta la registrazione del verbale di esame. Il risultato della prova scritta è valido entro la prima tornata di esami orali.

## **P1810      ENERGETICA**

Anno: 4	Periodo: 2	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 4	esercitazioni: 4
Docente:	<b>Michele Cali QUAGLIA</b>	

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di fornire agli studenti gli strumenti teorici ed operativi per poter sviluppare l'analisi energetica di tutti quei sistemi nei quali si operano trasformazioni tra le diverse forma di energia. Dopo un'introduzione storica, si introducono i criteri per la classificazione e la quantificazione delle forme di energia primarie. Segue un richiamo dei concetti fondamentali della termodinamica elementare nel quale si approfondiscono in particolare la teoria dell'exergia e della termodinamica della combustione, applicando queste nozioni per il calcolo del comportamento termodinamico e della efficienza dei principali componenti ed impianti energetici. Nella seconda parte del corso, dopo aver introdotto i concetti fondamentali della matematica finanziaria e della teoria della scelta tra diversi investimenti, si approfondiscono i fondamenti della teoria detta termoeconomia con la quale si studiano le implicazioni di tipo economico-finanziario della applicazione della termodinamica ai sistemi energetici. Si danno alcuni cenni ai problemi di costi reali e di tariffe. La terza parte del corso è dedicata alla classificazione degli usi finali dell'energia nel mondo intero e in Italia. Nella parte finale si illustrano i problemi dell'impatto ambientale dei sistemi energetici

### **REQUISITI**

È fondamentale aver frequentato i corsi di *Fisica Tecnica e Macchine*

### **PROGRAMMA**

#### **Cenni storici.**

Elementi di storia dell'uso dell'energia dalle società preindustriali e paleo industriali a quella contemporanea. Cenni di storia della Termodinamica e del concetto di Energia. [4 ore]

#### **Richiami di termodinamica.**

Definizioni fondamentali. Lo studio dei fluidi con attrito viscoso. Il lavoro e il calore. Il primo principio della Termodinamica. Energia interna ed Entalpia, I sistemi aperti. Il secondo principio. Il rendimento delle macchine termiche. La disuguaglianza di Planck. Entropia Reversibilità. Applicazione dei principi alle macchine a rinnovamento di fluido (i sistemi aperti) ed ai principali tipi di impianti energetici. [10 ore]

#### **La teoria dell'exergia.**

L'evoluzione dei sistemi verso l'equilibrio. La biosfera e lo stato di riferimento. Il teorema dell'energia utilizzabile o exergia. Le equazioni per i sistemi chiusi ed aperti. I concetto di lavoro massimo e di lavoro perso. Il rendimento generalizzato. Analisi exergetica di processi termodinamici semplici. [10 ore]

#### **Cenni di termodinamica della combustione e delle reazioni chimiche.**

Definizioni. Miscele di gas ideali.. Le reazioni chimiche: calcolo dell'energia interna, dell'entalpia e dell'entropia. Condizioni per l'equilibrio. La coordinata di reazione. Reazioni chimiche dei gas ideali. Temperatura di combustione adiabatica. La combustione degli idrocarburi. Il potere calorifico e l'exergia della combustione. [4 ore]

#### **Le fonti energetiche.**

Le fonti di energia primaria. Le fonti rinnovabili e non rinnovabili. I combustibili fossili.

L'energia nucleare. Le riserve accertate e presunte. Il sistema energetico planetario e nazionale. I consumi energetici negli ultimi decenni analizzati per entità e tipologia. I fattori che influenzano i consumi. La struttura dei consumi. Le previsioni dei fabbisogni per il futuro. [4 ore]

#### *Le fonti energetiche secondarie.*

L'energia elettrica di origine termica, nucleare, idraulica. Gli impianti di cogenerazione. Le pile a combustibile. I sistemi a energia totale. [4 ore]

#### *I componenti e le tecnologie degli impianti energetici fondamentali.*

Le fonti di energia secondaria, elettrica, idroelettrica, termica e nucleare. Compressori ed espansori. Miscelatori e separatori di fluidi. I condotti percorsi da fluidi viscosi. I combustori a pressione e volume costante. Scambiatori di calore. Condensatori. Rassegna dei principali tipi di impianti energetici con particolare attenzione ai sistemi per la produzione combinata. Analisi degli schemi fondamentali e delle tecnologie per la trasformazione dell'energia dei combustibili in energia termica ed elettrica. Impianti frigoriferi. Impianti a gas per la produzione combinata di calore e lavoro. Impianti a vapore per la produzione combinata di calore e lavoro. Impianti di riscaldamento e cogenerazione urbani. I metodi per l'analisi e il calcolo delle reti di distribuzione di fluidi in pressione con particolare attenzione alle reti per il riscaldamento urbano centralizzato. [10 ore]

#### *Nozioni elementari di matematica finanziaria.*

I concetti di valore e di costo di un bene. Interesse. Redditività. Tassi di interesse e di sconto. Formule finanziarie. L'ammortamento. L'inflazione. La valutazione degli investimenti. Il metodo dei flussi di cassa. L'analisi costi-benefici. [4 ore]

#### *Energetica industriale e termoeconomia.*

La rappresentazione dei sistemi energetici naturali ed industriali. Le equazioni di bilancio di energia e di valore. Il costo operativo dei beni. I criteri di ottimizzazione termoeconomica. I metodi di sostituzione. I metodi algebrici di contabilizzazione energetica. L'analisi disaggregata dei costi negli impianti energetici. I parametri di valutazione dell'efficienza energetica ed economica. I metodi di ottimizzazione termoeconomica. [10 ore]

#### *Legislazione e normativa.*

Rassegna delle norme principali e delle leggi in vigore in Italia e nella Unione Europea in materia di energia. Analisi del sistema delle tariffe energetiche. [2 ore]

#### *Cenni allo studio dell'impatto ambientale indotto dagli usi energetici.*

I metodi di valutazione. La normativa e le leggi vigenti. [2 ore]

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Esercizi svolti in aula sui temi trattati a lezione. Calcolo completo dei cicli termodinamici per una centrale di cogenerazione a gas (ciclo Joule) e a vapore (ciclo Rankine in contropressione).

Sviluppo completo della analisi energetica, exergetica e termoeconomica di un caso reale per il quale gli allievi sono guidati ad acquisire i dati sul campo, ad ordinarli ed analizzarli secondo i metodi sviluppati nella parte teorica del corso ed a proporre uno studio di fattibilità di soluzioni alternative a quelle rilevate.

#### **VISITE TECNICHE**

Saranno organizzate visite tecniche ad alcuni impianti energetici dell'Italia nord-occidentale, significativi per dimensioni e tecnologia.

### **BIBLIOGRAFIA**

Appunti delle lezioni e materiale didattico distribuito dal docente

#### **TESTI AUSILIARI**

✓ M. Calì, P. Gregorio, *Termodinamica*, Progetto Leonardo, Bologna, 1997.

- ✓ A. Bejan, G. Tsatsaronis, M. Moran, *Thermal Design And Optimisation*, J.Wiley, 1996.
- ✓ Kotas T. J., *The Exergy Method Of Thermal Plant Analysis*, Butterworths, London 1985
- ✓ Pedrocchi E., *Previsioni Di Fabbisogno Energetico Per L'italia*, La Termotecnica, giugno 1993, pp.25-29. *Previsioni Di Fabbisogno Energetico Per Il Mondo*, La Termotecnica, maggio 1993, pp.21-28.
- ✓ Silvestri M., *Il Futuro Dell'energia*, Bollati Boringhieri, 1989.

## ESAME

L'esame consiste nella esposizione della monografia preparata nel corso dell'anno e in un colloquio orale durante il quale l'allievo è tenuto a rispondere sugli argomenti di teoria trattati nelle lezioni.



### **Onde elettromagnetiche. [10 ore]**

Equazioni di Maxwell, onde elettromagnetiche. Energia, intensità quantità di moto dell'onda E.M. Teorema di Poynting. Spettro elettromagnetico. La luce.

#### **LABORATORIO [4 ore]**

1. Misura di resistenza con ponte di Wheatstone e di temperatura con sensore PT100.
2. Studio delle oscillazioni forzate in un circuito RLC mediante uso di oscilloscopio e generatore di segnali, e simulazioni al computer di transistori in circuiti RC e RLC

#### **ESERCITAZIONI. [14 ore]**

Esercizi svolti in aula su argomenti trattati nel corso

### **II MODULO : FENOMENI ONDULATORI**

Impegno (ore) lezione: 36 esercitazione: 16

#### **Interazione onda Elettromagnetica con la materia. [8 ore]**

Analisi qualitativa del corpo nero, ipotesi di Planck. Quantizzazione dell'energia elettromagnetica: effetto fotoelettrico. Propagazione onde elettromagnetiche nella materia: dispersione, velocità di fase e di gruppo.

Onda elettromagnetica in un mezzo: risposta in frequenza (indice di rifrazione complesso).

#### **Ottica geometrica [8 ore]**

Leggi della riflessione e della rifrazione: Legge di Snell. Coefficienti di riflessione e trasmissione. Specchi, diottri, lenti. Strumenti ottici.

#### **Fenomeni ondulatori. [10 ore]**

Interferenza di onde prodotte da 2 sorgenti. Coerenza. Interferenza da N sorgenti coerenti, da lamine. Onde stazionarie. Diffrazione: fenomeni di Fraunhofer da una fenditura. Potere separatore. Reticolo di diffrazione e calcolo del suo potere separatore. Diffrazione da cristalli, di raggi X. Polarizzazione della luce. Sostanze dicroiche. angolo di Brewster, attività ottica. Onda E.M. in mezzi anisotropi. Elissoide di Fresnel, lamina birifrangente.

#### **Struttura della materia. [10 ore]**

Proprietà ondulatorie della materia: diffrazione di elettroni. Relazione di de Broglie, Funzione d'onda. Equazione d'onda. Equazione di Schrödinger. Principio di indeterminazione di Heisenberg. Livelli energetici di una particella carica in un potenziale. "a scatola". Principio di funzionamento del laser.

#### **LABORATORIO [4 ore]**

1. Misura dell'indice di rifrazione con il metodo del prisma.
2. Misura di lunghezza d'onda della luce mediante reticolo di diffrazione e misura di indice di rifrazione mediante luce polarizzata e angolo di Brewster (con rivelatore a fotodiodo);

#### **ESERCITAZIONI [12 ore]**

Esercizi svolti in aula su argomenti trattati nel corso.

### **BIBLIOGRAFIA**

Testi di riferimento:

- ✓ Amaldi, Bizzarri, Pizzella, Fisica generale, Zanichelli.
- ✓ P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci Fisica Vol. II. (2 copie)
- ✓ M. Alonso, E.J. Finn, Elementi di fisica per l'università. Vol. II, Masson, Milano.

Testi ausiliari:

- ✓ Tartaglia, Esercizi svolti di elettromagnetismo e ottica, Levrotto e Bella, Torino. (2 copie)
- ✓ Halliday, Resnick, Krane Fisica II, Ed. Ambrosiana, Milano

### **ESAME**

- a) L'esame consta di una prova scritta e una orale, contestuali.
- b) Lo studente che intende sostenere l'orale deve prenotarsi facendo uso del computer presso il Dipartimento di Fisica entro il giorno precedente quello dello scritto. Non occorre prenotarsi per lo scritto.
- c) Lo scritto deve essere presentato all'atto di sostenere l'esame orale.



## LABORATORIO [4 ore]

1. Misura di resistenza con ponte di Wheatstone e di temperatura con sensore PT100.
2. Studio delle oscillazioni forzate in un circuito RLC mediante uso di oscilloscopio e generatore di segnali, e simulazioni al calcolatore di transitori in circuiti RC e RLC

## ESERCITAZIONI. [14 ore]

Esercizi svolti in aula su argomenti trattati nel corso

## II MODULO : FENOMENI ONDULATORI

Impegno (ore)                    lezione: 38                    esercitazione: 18

### *Interazione onda Elettromagnetica con la materia. [8 ore]*

Analisi qualitativa del corpo nero, ipotesi di Plank. Quantizzazione dell'energia elettromagnetica: effetto fotoelettrico. Propagazione onde elettromagnetiche nella materia: dispersione, velocità di fase e di gruppo.

Onda elettromagnetica in un mezzo :risposta in frequenza (indice di rifrazione complesso).

### *Ottica geometrica [8 ore]*

Leggi della riflessione e della rifrazione: Legge di Snell. Coefficienti di riflessione e trasmissione. Specchi, diottri, lenti. Strumenti ottici.

### *Fenomeni ondulatori. [12 ore]*

Interferenza di onde prodotte da 2 sorgenti. Coerenza. Interferenza da N sorgenti coerenti, da lamine. Onde stazionarie. Diffrazione: fenomeni di Fraunhofer da una fenditura. Potere separatore. Reticolo di diffrazione e calcolo del suo potere separatore. Diffrazione da cristalli, di raggi X. Polarizzazione della luce. Sostanze dicroiche. angolo di Brewster, attività ottica. Onda E.M. in mezzi anisotropi. Elissoide di Fresnel, lamina birifrangente.

### *Struttura della materia. [10 ore]*

Proprietà ondulatorie della materia: diffrazione di elettroni. Relazione di de Broglie, Funzione d'onda. Equazione d'onda. Equazione di Schrödinger. Principio di indeterminazione di Heisenberg. Livelli energetici di una particella carica in un potenziale. "a scatola". Principio di funzionamento del laser.

## LABORATORIO [4 ore]

1. Misura dell'indice di rifrazione con il metodo del prisma.
2. Misura di lunghezza d'onda della luce mediante reticolo di diffrazione e misura di indice di rifrazione mediante luce polarizzata e angolo di Brewster (con rivelatore a fotodiodo);

## ESERCITAZIONI [14 ore]

Esercizi svolti in aula su argomenti trattati nel corso.

## BIBLIOGRAFIA

*Testi di riferimento:*

- ✓ P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci Fisica Vol. II.
- ✓ M. Alonso, E.J. Finn, Elementi di fisica per l'università. Vol. II, Masson, Milano.

*Testi ausiliari:*

- ✓ Tartaglia, Esercizi svolti di elettromagnetismo e ottica, Levrotto e Bella, Torino.
- ✓ Halliday, Resnick, Krane, Fisica II, Ed. Ambrosiana, Milano
- ✓ Amaldi, Bizzarri, Pizzella, Fisica generale, Zanichelli.

## ESAME

- a) L'esame consta di una prova scritta e una orale.
- b) L'esame (orale) può essere sostenuto in qualunque appello a partire da quello in cui si è svolto lo scritto stesso, purchè entro l'anno solare. Superato tale tempo senza aver sostenuto l'orale con esito favorevole lo scritto deve essere comunque ripetuto.



## **P2050      FISICA SUPERIORE**

Anno: 4,5                      Periodo: 1  
Impegno (ore totali)      lezioni: 60      esercitazioni: 20  
Docente:                      **Pier Paolo DELSANTO**

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di trattare con rigore matematico, ma allo stesso tempo riducendo a un minimo la parte formale, gli aspetti fisici di una vasta fenomenologia, che sta alla base di molte tecniche avanzate di misure e di caratterizzazione di materiali. Vengono inoltre sviluppate varie applicazioni d'interesse industriale e medico (per es. nel campo delle prove non distruttive e delle tecniche tomografiche). Sia per le nozioni teoriche fornite che per le applicazioni sviluppate, il corso è consigliabile per gli studenti del 4. e 5. anno di Ingegneria meccanica con orientamenti: biomedico, produzione, metrologico e strutture.

Il corso consiste di quattro parti, approssimativamente di uguale lunghezza, cioè ciascuna delle quali comprendente circa venti ore fra lezioni ed esercitazioni. La prima parte "teorica" è dedicata allo studio della propagazione di onde, in particolare ultrasoniche, e alle proprietà elastiche dei materiali.

Si parte da una trattazione rigorosa della descrizione euleriana e lagrangiana nella meccanica del continuo e si procede, cercando però di ridurre a un minimo la parte formale, fino ad ottenere i risultati più importanti in vista delle applicazioni. Nella seconda parte "numerica" si descrivono tecniche di calcolo di particolare attualità, quali la simulazione della propagazione di onde e impulsi mediante parallel processing e le tecniche più recenti per la rappresentazione e visualizzazione dei risultati.

La terza parte "applicativa" utilizza i risultati e le tecniche descritte nelle prime due parti del corso per illustrare applicazioni, in particolare degli ultrasuoni, in campo medico e industriale. Vengono, per esempio, discusse tecniche per la caratterizzazione di provini e di elementi strutturali. In particolare si studia l'effetto acustoelastico e la sua applicazione per la determinazione di tensioni applicate e residue e tessitura. Un particolare rilievo viene dato alle tecniche ecografiche e tomografiche, sia radiografiche che acustiche, con applicazione in campo sia medico che industriale.

Infine, la quarta parte "seminariale" verte su argomenti che possono variare di anno in anno, sia per ragioni di attualità (nuovi sviluppi), sia per l'interesse specifico degli studenti. Lo scopo di questa quarta parte è d'incoraggiare gli studenti, per es. mediante la elaborazione di "tesine" o di piccole "ricerche", a esaminare applicazioni degli argomenti trattati nel corso che possano risultare utili dal punto di vista dell'impiego dopo la laurea.

### **REQUISITI**

Analisi I e II, Fisica I e II.

### **PROGRAMMA**

Elementi di calcolo tensoriale con applicazione alla teoria dell'elasticità lineare. Visualizzazione ottica delle onde ultrasonore. Simulazione della propagazione di onde e impulsi mediante parallel processing ; misura delle costanti elastiche del secondo ordine e altre proprietà elastiche. Trasmissione di onde in multistrati e strati di Epstein. Fenomeni di riflessione, conversione di modo, assorbimento, desorbimento e diffusione. Effetti nonlineari.

Aspetti avanzati della fisica dei cristalli. Simmetrie, classificazioni e trasformazioni. Tessitura degli aggregati policristallini. Funzione di distribuzione delle orientazioni. Fisica dei materiali piezoelettrici. Caratterizzazione delle sonde. Effetto acustoelastico. Applicazione degli ultra-

suoni in microscopia. Determinazione delle costanti elastiche del terz'ordine. Modello d'energia pseudopotenziale e altri modelli microscopici. Onde superficiali (di Rayleigh, Lamb, etc.) e volumetriche. Effetti quantistici.

Applicazioni nel campo delle prove nondistruttive: misura di tensioni applicate e residue, tessitura. Teoria della rivelazione di difetti mediante tecniche ultrasonore di trasmissione, di riflessione, di risonanza e interferometriche. Metodi di rappresentazione grafica e a colori. Tecniche ecografiche. Tomografia mediante raggi X e acustica con applicazioni in campo tecnico e medico.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Il programma delle esercitazioni viene fissato di anno in anno a seconda del programma svolto a lezione e degli interessi specifici degli studenti.

## **BIBLIOGRAFIA**

✓ Testo di riferimento:

J.D. Achenbach, Wave Propagation in Elastic Solids, North-Holland, Amsterdam (1980)

Inoltre: dispense distribuite dal docente durante il corso.

## **ESAME**

Agli studenti viene offerta la possibilità di portare la prima parte del corso in un esame di "esonero" che conta, per chi lo sostiene, come una domanda ai fini dell'esame finale. La valutazione della tesina conta come una seconda domanda. L'esame finale conta come due domande e il voto viene dato come media dei quattro voti conseguiti. Viene incoraggiata una stretta interazione tra studenti e docente, per cui diventa più facile sostenere l'esame nella sessione successiva al periodo didattico del corso.

## **P2060      FISICA TECNICA**

Anno: 3

Periodo: 2

Impegno (ore sett.)

lezioni: 5

esercitazioni: 3

Docenti:

**Paolo ANGLÉSIO, Romano BORCHIellini**

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il contenuto del corso è quello tradizionale della fisica tecnica presso questa facoltà; comprende argomenti strettamente termici (termodinamica applicata e termofluidodinamica) che costituiscono un collegamento tra corsi del biennio (*Fisica 2*) e del triennio (*Macchine*); contiene argomenti più particolari (illuminotecnica e acustica applicata) che di norma non vengono ripresi in corsi successivi.

### **REQUISITI**

Fisica II, Meccanica dei fluidi.

### **PROGRAMMA**

#### ***Illuminotecnica***

Grandezze fondamentali, fotometriche ed energetiche. Sorgenti e illuminamento. Curva di visibilità e campione fotometrico. Lampade e loro efficienza.

#### ***Acustica applicata***

Onde e propagazione dell'energia elastica. Audiogramma normale. Proprietà dei materiali. Riverberazione. Isolamento acustico.

#### ***Termodinamica applicata***

Sistemi, stati, trasformazioni. Principio di conservazione dell'energia, per sistemi chiusi e aperti. Energia interna e entalpia. Secondo principio della termodinamica, entropia, irreversibilità, exergia. Gas perfetti e gas quasi perfetti; proprietà.

Cicli diretti, indicatori delle prestazioni. Cicli ideali a gas (Otto, Joule, Diesel, Carnot e cicli rigenerativi). Vapori e loro proprietà; ciclo Rankine diretto e provvedimenti migliorativi delle prestazioni.

Cicli inversi, a gas e a compressione di vapore. Effetto Joule-Thomson, gas reali, liquefazione dell'aria. Miscele aria - vapore; diagramma di Mollier dell'aria umida.

#### ***Termofluidodinamica***

Fenomeni di trasporto della massa, della quantità di moto e della energia. Principi di conservazione. Resistenze al moto prodotto da differenza di densità.

Conduzione termica, legge di Fourier, conducibilità, equazione generale della conduzione e applicazioni. Convezione, naturale e forzata. Analisi dimensionale. Analogia di Reynolds, modifica di Prandtl. Irraggiamento, leggi fondamentali, scambio termico tra corpi neri e grigi. Scambio termico laminare e globale, resistenza termica, analogo elettrico. Scambiatori di calore, metodi di calcolo

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Illuminazione artificiale di una strada.

Misura della potenza acustica di una macchina.

Ciclo Joule diretto, con attriti.

Ciclo Rankine diretto, con rigenerazione e cogenerazione.

Misura della umidità relativa dell'aria.

Scambio termico e resistenze al moto in uno scambiatore di calore.

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

- P. Anglesio, M. Cali, G.V. Fracastoro, *Esercitazioni di fisica tecnica*, CELID, Torino, 1983. (2 copie)

## ESAME

Prova orale basata sugli argomenti svolti a lezione e sulle relazioni scritte delle esercitazioni.

Possibile suddivisione in tre colloqui: illuminotecnica e acustica applicata, termodinamica applicata, termofluidodinamica.



e di forma, corpi aerodinamici e corpi tozzi. Scie e getti: bilanci di quantità di moto, di massa e di energia; trascinamento da parte dei getti, effetto Coanda (15 h, 1.5 ECTS).

#### **Propagazione ondososa nei fluidi: fondamentali.**

Dinamica di un'onda piana. Proprietà generali delle onde di piccola ampiezza. Equazione di d'Alembert. Ampiezza finita: espansione semplice, compressione e genesi degli urti (6 h, 0.6 ECTS)

#### **Instabilità e transizione alla turbolenza. Cenni alla descrizione della turbolenza in termini statistici.**

Teoria lineare della stabilità. Fenomenologia della transizione alla turbolenza. Natura del moto turbolento. Equazioni mediate. Il concetto di Eddy.

Teoria di Obukhov-Kolmogorof. Caduta irreversibile dell'energia meccanica verso la dissipazione, introduzione dei coefficienti turbolenti di trasporto: del calore, della quantità di moto, della massa di una specie chimica.

Intermittenza e trascinamento. Flussi di taglio turbolenti (15 h, 1.5 ECTS).

## **II MODULO**

### **Flussi termici:**

equazioni di convezione (modello di Boussinesq), classificazione dei moti convettivi, convezione forzata, convezione libera e spiegazione teorica delle celle di Bénard (10 h, 1 ECTS).

### **Flussi stratificati:**

concetti base, bloccaggio, onde di Lee, onde inerziali (6 h, 0.6 ECTS).

### **Flussi in sistemi rotanti:**

concetti base, forze centrifughe e forze di Coriolis, flussi geostrofici e teorema di Taylor-Proudman, colonne di Taylor, strato di Eckman, stabilità e onde inerziali, onde di Rossby (10 h, 1 ECTS).

### **Fenomeni di propagazione:**

onde di compressione o rarefazione, invarianti di Riemann e caratteristiche, onde d'urto. Onde di gravità, relazione di dispersione, velocità di fase e velocità di gruppo, propagazione dell'energia, onde in condotti elastici (12 h, 1.2 ECTS).

**Cenni ai flussi in condotti collapsabili**, con particolare attenzione a problemi di bio-fluidodinamica (12 h, 1.2 ECTS).

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Non sono previste ore dedicate alle sole esercitazioni. Esercizi vengono svolti nelle ore di lezione, senza schema temporale prestabilito.

## **BIBLIOGRAFIA**

Testo di riferimento:

✓ D.J. Tritton, *Physical Fluid-Dynamics*, Oxford University Press, 1988.

Testi di approfondimento:

✓ G.K. Batchelor, *An introduction to fluid dynamics*, Cambridge University Press, 1967.

- L.D. Landau and E.M. Lifshitz, *Fluid Mechanics*, Pergamon Press, 1987.

(2 copie)

## **ESAME**

colloquio orale.

Anno: 5

Periodo: 2

Impegno (ore sett.)

lezioni: 6

esercitazioni: 2

Docente:

**Luca ZANETTI** (collab.: **Francesco LARocca**)

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso fornisce strumenti teorici e computazionali di base per l'analisi del campo di moto delle turbomacchine e per il loro progetto. Data per acquisita dagli allievi, nell'ambito dei corsi di *Macchine*, la "teoria impulsiva", che permette di determinare alcune proprietà dei campi di moto all'esterno di opportune superfici di controllo racchiudenti schiere di palette, con questo corso si intende fornire mezzi analitici, empirici, numerici, che permettono la descrizione dell'insieme dei fenomeni fluidodinamici che avvengono all'interno dei canali interpalari e che costituiscono la base dei metodi di analisi e progetto di schiere palettate.

Pur essendo la trattazione rivolta al complesso delle turbomacchine, l'accento è posto in particolare sul compressore assiale, che è macchina di particolare interesse sia motoristico che fluidodinamico.

### **REQUISITI**

Si considerano già acquisiti gli argomenti turbomacchinistici e di termodinamica delle macchine trattati nei corsi di *Macchine*. Il corso è offerto a studenti aeronautici e meccanici. Nozioni essenziali di fluidodinamica teorica e computazionale vengono richiamati per rendere accessibile il corso agli studenti dai cui piani di studio questi argomenti siano esclusi.

### **PROGRAMMA**

*Richiami di fluidodinamica. [6 ore]*

Le equazioni Eulero. L'equazione di Crocco. Le equazioni del moto nel riferimento cilindrico. Il flusso bidimensionale: la funzione di corrente. Il potenziale della velocità. Le equazioni complete del potenziale e della funzione di corrente.

*Il flusso potenziale. [8 ore]*

Il potenziale complesso, la velocità complessa. I campi di moto fondamentali. Il campo di moto attorno a un cilindro circolare con e senza circuitazione. Il campo attorno a corpi cilindrici non circolari, il metodo delle trasformazioni conformi. Studio di profili isolati la condizione di Kutta. La trasformazione di Joukowski. Le forze agenti su profili, la formula di Blasius. Il teorema di Kutta-Joukowski. Profili isolati con geometria arbitraria la trasformazione di Theodorsen. Tecniche di trasformazioni conformi: l'analogia idrodinamica, la tecnica delle riflessioni.

*Studio analitico del moto 2D in schiere. [12 ore]*

Il metodo di Weinig. Le forze agenti su una schiera palettata, generalizzazione del teorema di Kutta-Joukowski. Schiere di profili con geometria arbitraria, la trasformazione di Ives e la trasformazione di Theodorsen-Garrick. L'uso di elaboratori per calcolare e visualizzare il flusso potenziale attorno a profili singoli e in schiera.

*Valutazione empirica delle prestazioni di schiere. [6 ore]*

Rilevazione sperimentale delle prestazioni di una schiera: lo stallo. La correlazione di Howell, problemi di analisi e di progetto. Collezione dei dati sperimentali NACA. Effetti legati alla comprimibilità: *Mach* critico, *Mach* massimo, *choking*, loro dipendenza dall'incidenza.

*Stadio 2D di compressore assiale. [4 ore]*

I triangoli di velocità. Fattore di carico, coefficiente di portata, grado di reazione. Linea di evoluzione termodinamica di un gas attraverso uno stadio. Effetto del grado di reazione sullo stallo in bassa ed alta velocità.

### **Studio 3D di uno stadio di compressore assiale. [4 ore]**

Equilibrio radiale: problema di progetto e di analisi. Progetto di uno stadio: criteri di svergolamento. Flussi secondari. Stallo rotante, pompaggio.

### **Richiami di aerodinamica supersonica. [8 ore]**

Caratteristiche ed equazioni di compatibilità. Il piano odografico e il metodo delle caratteristiche. Espansione di Prandtl-Meyer. Fenomeni d'urto. La polare dell'urto. Urti su corpi appuntiti e corpi tozzi.

### **Correnti supersoniche su schiere. [4 ore]**

La lamina piana isolata. Fenomeni al bordo d'uscita aguzzo di profili singoli e in schiera. Fenomeni su bordi d'uscita tozzi di profili per turbine.

### **Incidenza unica. [4 ore]**

Peculiarità delle correnti supersoniche assialmente subsoniche. L'incidenza unica. La soluzione di Ferri. Il metodo di Levine.

### **Elementi di fluidodinamica computazionale. [8 ore]**

La "tecnica dipendente dal tempo" per risolvere numericamente le equazioni del moto. Moto 1D metodo delle caratteristiche, metodi "lambda" alle differenze finite. Metodi conservativi: le leggi di conservazione e loro discretizzazione. Moto multidimensionale: varietà caratteristiche, bicaratteristiche. Metodi FVS e FDS.

### **Soluzioni numeriche in schiere. [4 ore]**

Flussi in condotti: problemi di progetto e di analisi. Condizioni al contorno. Struttura di un codice di calcolo. Presentazione seminario di soluzioni numeriche di problemi 2D e 3D in turbomacchine.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni verteranno su:

1. Richiami di termodinamica.
2. Nomenclatura e tracciamento di profili in schiera.
3. Trasformazioni conformi e potenziale complesso: Joukowski e Weinig.
4. Coefficiente di diffusione per lamine piane in schiera.
5. Coefficiente di diffusione per profili in schiera tramite correlazioni sperimentali.
6. Dimensionamento di massima di un compressore assiale.
7. Getto supersonico col metodo delle caratteristiche.
8. Calcolo curva incidenza unica.

## **BIBLIOGRAFIA**

Appunti delle lezioni.

Testi ausiliari:

- ✓ Horlock, *Axial flow compressors.* (OUT OF PRINT)
- ✓ Vavra, *Aero-thermodynamics and flow in turbomachinery.* (OUT OF PRINT)
- ✓ Wislicenus, *Fluid mechanics of turbomachinery.*

## **P2174      FONDAMENTI DI INFORMATICA II (r)**

Anno: 4	Periodo: 2		
Impegno (ore totali)	lezione: 26	esercitazione: 18	laboratorio: 16
Impegno (ore sett.)	lezione: 4	esercitazione: 4	laboratorio: 2
Docente:	<b>da nominare</b>		

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso intende fornire agli allievi gli strumenti fondamentali per acquisire una visione delle problematiche principali dei sistemi informativi. In particolare, il corso descrive le modalità di impiego delle tecnologie informatiche nell'area della produzione, dando un rilievo significativo nell'approfondimento dei sistemi per la gestione delle basi di dati. Le problematiche di realizzazione dei sistemi aziendali locali, geografici e distribuiti 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 software applicativi. Una parte del corso verrà inoltre dedicata all'illustrazione delle metodologie fondamentali e delle tecniche di base della programmazione ad oggetti.

### **REQUISITI**

Conoscenze di Analisi Matematica I. Precedenze: Fondamenti di informatica (P2173)

Programma

- Sistemi informativi, architettura dei sistemi informativi aziendali (6 ore)
- Fondamenti delle basi di dati e loro applicazione nell'ambito dei sistemi informativi (5 ore)
- Reti di calcolatori e Internet (4 ore)
- Analisi e panoramica di alcuni casi pratici: e-commerce, gestione e logistica di magazzini distribuiti, problematiche di autenticazione e sicurezza (5 ore)
- Fondamenti di programmazione ad oggetti (\*) (6 ore).

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Esercitazioni in aula

- Panoramica di software applicativi nell'ambito dei sistemi informativi (6 ore)
- Fondamenti di programmazione ad oggetti (\*) (12 ore).

Laboratori

- Esercizi pratici sull'uso di software applicativi nell'ambito dei sistemi informativi (4 ore)
- Esercizi pratici sui fondamenti di programmazione ad oggetti (\*) (12 ore).

### **BIBLIOGRAFIA**

Da definire

### **ESAME**

Esame scritto su tutti gli argomenti trattati durante il corso (teoria + programmazione), esame orale facoltativo.

(\*) NOTA

Per il linguaggio di programmazione ad oggetti si suggerisce di scegliere tra:

- Visual Basic, oggi molto utilizzato per il suo forte legame con gli ambienti grafici (Windows), i prodotti di produttività individuale (es. EXEL) e per l'utilizzo del paradigma di programmazione ad oggetti.
- Java, CGI

## PA914 GESTIONE DEL PROGETTO (r)

Anno: 4	Periodo: 1		
Impegno (ore sett.)	lezione: 6	esercitazione:	laboratorio:
Docenti:	<b>da nominare</b>		

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di trasferire le conoscenze di base della struttura aziendale di tipo industriale e le capacità di affrontare problematiche di sviluppo progetto interagendo sia con l'organizzazione all'azienda, che con quelle esterne.

In particolare vengono trasferite le seguenti conoscenze:

- Conoscenza dell'impresa nelle sue componenti utilizzando un approccio matriciale; delle principali attività di gestione svolte da ogni funzione e dei processi interfunzionali più importanti.
- Conoscenza delle diverse terminologie con riferimento ai costi e delle modalità di definizione dei costi, dei prodotti e dei processi.
- Conoscenza del processo di sviluppo di un progetto complesso in ambito di grande azienda con riferimento a casi concreti.
- Conoscenza della configurazione del processo di sviluppo del progetto a vari livelli di complessità (sviluppo componentistica auto, sviluppo beni strumentali, sviluppo impianti industriali, ecc).

### REQUISITI

Il corso, inteso come corso di base, non ha prerequisiti, e le eventuali differenze nel livello di partenza degli studenti, non si configurano in particolari ostacoli all'efficacia del corso. E' comunque auspicabile che siano stati effettuati con esito positivo almeno tutti gli esami del primo anno. Il corso è fortemente propedeutico sia agli stages in azienda, sia ai corsi di specializzazione monografici indirizzati ad un immediato inserimento nel lavoro.

### PROGRAMMA

Il corso di gestione aziendale del progetto si pone come obiettivo di introdurre gli studenti alla conoscenza dei processi di sviluppo dei progetti all'interno di aziende strutturate secondo l'attuale configurazione del mondo auto-veicolistico.

Ciò dovrebbe permettere la comprensione dell'organizzazione generale all'interno della quale verrà svolta l'attività lavorativa dell'Ingegnere. Inoltre sono acquisite le terminologie e le metodologie per svolgere in modo autonomo qualsiasi attività specialistica all'interno di un progetto complesso.

1. Introduzione all'impresa (3 ore)
2. Obiettivi dell'impresa e valore finanziario del tempo (3 ore)
3. Aree e reti funzionali dell'impresa (16 ore)
4. Metodologia della gestione di progetto (20 ore)

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI (12 ORE)

Si prevedono due esercitazioni di sei ore ciascuna in cui lo studente produrrà un piano di sviluppo progetto secondo quanto trasmesso nel presente corso

### ESAME

Accertamento finale scritto e successivo colloquio orale

Anno: 5

Periodo: 1

Impegno (ore sett.)

lezione: 4

esercitazione: 4

Docente:

**Francesco IANNELLI**

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone l'approfondimento dei temi della gestione e dell'esercizio delle reti e degli impianti di trasporto terrestri, con cenni sugli altri sistemi di trasporto. Vengono esaminate le tecniche e le modalità di espletamento del servizio, nonché la organizzazione delle aziende del settore.

Questo corso può costituire un valido supporto per la preparazione professionale degli ingegneri interessati ad entrare nelle amministrazioni pubbliche, nonché nelle aziende di trasporto. Il corso si articola attraverso lezioni, esercitazioni, seminari a carattere monografico e visite ad impianti ed aziende del settore.

### **REQUISITI**

Tecnica ed economia dei trasporti.

### **PROGRAMMA**

#### **I MODULO**

Impegno (ore)                      lezione, esercitazione: 36                      ore di studio: 54

Reti e sistemi di trasporto: definizioni, descrizioni, tipologie. Trasporti di persone e di merci urbani, extraurbani su gomma e su ferro

Il sistema azienda: cenni sulla teoria dei sistemi. Scelte direzionali in campo aziendale.

Funzione aziendale dei dati informativi: il sistema informativo aziendale.

La carta dei servizi. Il sistema qualità: la certificazione e le normative UNI ISO 9000 e 14000.

Quadro istituzionale di riferimento e legislazione attinente il trasporto pubblico (ferrovie, tramvie, metropolitane, autolinee, filovie, funicolari) e da piazza con autovettura. Trasporto in conto proprio ed in conto terzi

Norme di esercizio e regimi di trasporto.

#### **II MODULO**

Impegno (ore)                      lezione, esercitazione: 72                      ore di studio: 138

Modelli organizzativi e vincoli legislativi nella formazione organizzativa di un'azienda pubblica o privata per il trasporto di persone e/o di merci

Le tecniche reticolari applicate alla programmazione aziendale.

I mezzi e le tecniche di trasporto: classificazione, descrizione, principali caratteristiche e prestazioni in relazione alle esigenze dell'esercizio.

I principi generali per l'organizzazione e la gestione del servizio movimento

La funzione organizzativa e la gestione contabile. La formazione del costo Il costo economico standardizzato

Elementi metodologici, tecnici ed economici per la gestione del materiale. La formulazione di un programma manutentivo in un'azienda di trasporto pubblico. Relazione tra le caratteristiche principali di un sistema: disponibilità, affidabilità, manutenibilità. Ottimizzazione economica fra le caratteristiche di manutenibilità e affidabilità.

Criteri e modelli per la localizzazione ottimale dei depositi di un'azienda di trasporto di persone e di merci

La regolamentazione, gli incidenti d'esercizio, la sicurezza della circolazione.

L'infrastruttura a supporto della gestione e dell'esercizio dei sistemi di trasporto: le reti stradale e ferroviaria. Le caratteristiche delle principali infrastrutture nodali e terminali del trasporto: classificazione, tipologie, impiantistica e ottimizzazione dell'esercizio.

L'impegno ottimale delle risorse. Tecniche informatiche per la gestione ed il controllo dell'esercizio del trasporto.

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

L'esercitazione affronta e sviluppa nell'operativo le problematiche del dimensionamento dell'esercizio di più linee di trasporto su gomma e/o su rotaia e della stima del conto economico tendente alla costituzione di una piccola azienda di trasporti

Si possono sviluppare altri casi d'interesse degli studenti riguardanti altri sistemi di trasporto.

## BIBLIOGRAFIA

La specializzazione e la tipologia dei contenuti del corso non consente l'utilizzo di un solo testo. Nel corso delle lezioni e delle esercitazioni saranno disponibili alcuni testi tra cui si segnalano:

- Pasquale DE PALATIS - Regolamenti e sicurezza della circolazione ferroviaria - CIFI 1995 (3 copie)
- Giuseppe VICUNA - Organizzazione e tecnica ferroviaria - CIFI 1986 (2 copie)
- Lucio Mayer - Impianti ferroviari. tecnica ed esercizio - CIFI 1993 (3 copie)
- √ Francesco CIVITELLA - Autolinee extraurbane - EDIZIONI FRATELLI LATERZA 1992
- Dispense monografiche a cura del docente

## ESAME

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

## **P2460 GESTIONE INDUSTRIALE DELLA QUALITÀ**

Anno: 5

Periodo: 1

Impegno (ore totali)

lezioni: 96 ÷ 106

Docente:

**Fausto GALETTO** (Dip. Sistemi di Produzione ed Economia dell'Azienda, tel. 564.7282; orario di ricevimento studenti in funzione dell'orario di lezione; comunicazioni ed avvisi: bacheca del Dipartimento)

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

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**

capacità di ragionare,

matematica elementare,

Probabilità, Statistica e Processi Stocastici

### **PROGRAMMA**

*[lezioni ed esercitazioni sono interagenti]*

#### **1. MODELLI di GESTIONE:**

Il Cliente, l'Utilizzatore, la Società, 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; il MBITE (Management By If Then Else).

Organizzazione per la Qualità: le responsabilità del Top Management. La Qualità dei Manager, dei Metodi, delle Decisioni. L'Onestà Intellettuale necessaria per fare Qualità.

La Qualità nella 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 e 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. La Formazione per la Qualità.

Fornitori: Il controllo dei prodotti in entrata. La qualificazione dei prodotti, la qualificazione dei fornitori. Certificazione delle aziende: le Norme ISO, UNI-EN-ISO; opportunità e rischi. I Premi Qualità.

I costi della disqualità: una miniera d'oro. Le metodologie, gli elementi di indagine.

#### **2. METODI per la QUALITÀ:**

Affidabilità: fondamentale nello sviluppo dei prodotti/processi. Concetti fondamentali:  $R(t)$ ,  $MTTF$ ,  $h(t)$ ,  $M(t)$ ,  $m(t)$ ,  $B_{10}$ ,  $B_{50}$ , i modelli usati (esponenziale, Weibull, Erlang, Poisson). Previsioni di affidabilità: stati del sistema, affidabilità associate agli stati,  $MTTF$ , sistemi serie, sistemi ridondanti, non riparabili, riparabili, processi Markoviani, semi-markoviani, processi-G, processi di rinnovo.

Le prove di affidabilità: stime dai dati di prova, progettazione delle prove di affidabilità. Incongruenze dei metodi Bayesiani.

La Progettazione degli Esperimenti: nello sviluppo dei prodotti/processi, nel miglioramento:

Metodo-G per l'ANOVA: le Equazioni Normali. DOE (Design Of Experiments) : Piani fattoriali completi e ridotti; la struttura degli ALIAS. Le errate metodologie alternative (incongruenza dei metodi Taguchi).

Strumenti per il Miglioramento della Qualità: i cosiddetti 7 strumenti; significato ed uso delle Carte di Controllo, gli indici di Capability. I piani di campionamento.

## APPLICABILITÀ REALE DELLE CONOSCENZE

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 consigliati:

- W. E. Deming *Out of the Crisis* (2 copie)
- F. Galetto, *Qualità, Alcuni strumenti statistici da manager*, CUSL (Torino) 3 copie
- F. Galetto, *Affidabilità, Vol. 1*, CLEUP (Padova) } 2 copie
- F. Galetto, *Affidabilità, Vol. 2*, CLEUP (Padova) }
- F. Galetto, copie di relazioni presentate ai vari convegni sulla Qualità (nazionali ed internazionali)

Testi ASSOLUTAMENTE SCONSIGLIATI:

- a) D. C. Montgomery *Introduction to Statistical Quality Control*,
- b) tutte le traduzioni in italiano di libri in lingua inglese, *in modo particolare*,
- b2) W. E. Deming *l'impresa di qualità* (ed. Iseidi) [stravolge completamente il pensiero di W. E. Deming sulla Qualità, come invece è chiaramente espresso nel libro *Out of the Crisis*]
- b3) C. Kennedy *I guru del management* [stravolge completamente il pensiero di W. E. Deming sulla Qualità]

## 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 influenza sul voto finale

esposizione di argomenti a scelta del candidato

discussione sugli argomenti trattati a lezione

discussione su documenti pubblicati



## **P2730      IMPIANTI MECCANICI**

Anno: 5	Periodo: 1
Impegno (ore sett.)	lezioni: 4
Docente:	<b>Giovanni BAUDUCCO</b> (collab.: <b>Carlo RAFELE</b> )

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso persegue gli obiettivi di far conoscere le diverse fasi nelle quali si articola il progetto degli impianti industriali e di fornire le nozioni necessarie per la gestione e l'esercizio degli impianti stessi. In particolare le lezioni sono finalizzate all'esposizione dei criteri teorici e pratici per la progettazione e la gestione delle diverse tipologie di impianto; le esercitazioni consistono nella realizzazione dello studio di uno stabilimento industriale con l'applicazione di quanto illustrato nelle lezioni. Sono inoltre previste visite ad impianti industriali.

### **REQUISITI**

È opportuno che lo studente abbia già seguito i corsi di Scienza delle costruzioni, Fisica tecnica, Meccanica applicata alle macchine, Meccanica dei fluidi.

### **PROGRAMMA**

Criteri generali di progettazione degli impianti industriali, con particolare riferimento alla scelta ubicazionale, alla determinazione della potenzialità ed allo studio della disposizione delle macchine, dei reparti e dei servizi generali ed ausiliari. [6 ore]

Mezzi ed apparecchi di sollevamento e trasporto all'interno degli impianti industriali.

[8 ore]

Criteri per il dimensionamento dei magazzini industriali. [6 ore]

Impianti di approvvigionamento e distribuzione dei servomezzi occorrenti negli stabilimenti industriali: captazione e distribuzione dell'acqua per usi tecnologici ed antincendio, produzione e distribuzione dell'aria compressa, trasformazione e distribuzione dell'energia elettrica, impianti di illuminazione. [8 ore]

Impianti di trattamento e ricircolo delle acque reflue; trattamenti dei fanghi. [4 ore]

Impianti di aspirazione e filtrazione delle polluzioni atmosferiche prodotte nelle lavorazioni industriali. [4 ore]

Isolamento e riduzione dei rumori e delle vibrazioni nell'ambito industriale. [2 ore]

Impiego di metodologie statistiche e di tecniche di ricerca operativa alla progettazione, gestione ed esercizio degli impianti industriali. [8 ore]

Ingegneria economica: ammortamento, valutazione della redditività degli investimenti in impianti, estimo industriale. [6 ore]

Gestione dei progetti d'impianto (*project management*). [4 ore]

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni consistono nella progettazione di massima di un impianto industriale attraverso le seguenti fasi applicative:

1. Studio del *plant layout* e del flusso dei materiali; [10 ore]
2. Dimensionamento dei magazzini; [8 ore]
3. Calcolo delle reti di distribuzione dell'acqua tecnologica, dell'energia elettrica, dell'aria compressa; [10 ore]
4. Progetto dell'impianto di illuminazione; [5 ore]
5. Progetto degli impianti antincendio; [5 ore]
6. Dimensionamento dei mezzi e sistemi di movimentazione; [8 ore]

## **P2730      IMPIANTI MECCANICI**

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore sett.):	lezioni: 4	esercitazioni: 4
Docente:	<b>Armando MONTE</b> (collab.: <b>Carlo RAFELE</b> )	

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

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

### **REQUISITI**

Scienza delle costruzioni, Fisica tecnica, Meccanica applicata alle macchine, Meccanica dei fluidi.

### **PROGRAMMA**

- Criteri di progettazione degli impianti industriali. Potenzialità produttiva ed ubicazione. La disposizione dei macchinari e dei reparti: metodi di studio e di valutazione. Sicurezza ed ergonomia [8 ore]
- Applicazione di metodi di ricerca operativa alla progettazione degli impianti [8 ore]
- Ingegneria economica: valutazione della redditività degli investimenti impiantistici [6 ore]
- I trasporti interni agli stabilimenti industriali [9 ore]
- Criteri di progettazione dei magazzini industriali. [6 ore]
- Impianti generali di distribuzione dell'acqua, dell'aria compressa e degli altri servo-mezzi occorrenti negli stabilimenti industriali; impianti antincendio [11 ore]
- Impianti di trattamento e ricircolo delle acque primarie e di scarico [4 ore]
- Trattamento dei fanghi e dei rifiuti solidi [2 ore]
- Impianti di aspirazione e filtrazione delle polluzioni atmosferiche [2 ore]
- Gestione dei progetti d'impianto (*project management*) [4 ore]

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Progettazione di massima di un impianto industriale, applicando gli argomenti svolti a lezione.

Visite ad impianti industriali.

### **BIBLIOGRAFIA**

✓A. Monte, Elementi di impianti industriali, Cortina, Torino, e, in generale, la bibliografia ivi riportata.

### **ESAME**

Scritto con integrazione orale.



Impianti per la produzione di atmosfere controllate, per il rivestimento e la spruzzatura. Impianti per la formatura: stampaggio, laminazione, estrusione, rifusione a zone, colata, pressocolata, iniezione, thixoforming e rheocasting. Impianti per produzione, elaborazione e compattazione delle polveri. Presse isostatiche.

Protezione antincendio, classificazione e cinetica degli incendi, rivelatori, grado di pericolo, prevenzione ed estinzione. Polluzioni atmosferiche: polveri, fumi e odori. Normative, captazione ed aspirazione, impianti di depurazione ed abbattimento. Il corpo idrico e l'inquinamento: acque primarie e loro trattamento. Acque reflue: pretrattamenti, trattamenti primari, secondari e terziari. Raffreddamento dell'acqua. Trattamento dei fanghi. Rifiuti solidi: gestione e smaltimento. Inquinamento da rumore e da vibrazioni: normative, metodi di controllo, di riduzione e di protezione.

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Sviluppo di una esercitazione monografica relativa al progetto di un impianto completo per la produzione di materiali o di componenti. Le esercitazioni saranno completate da visite di istruzione a impianti industriali.

### **BIBLIOGRAFIA**

Dispense fornite dal Docente.

W. Nicodemi, R. Zoja "Processi e Impianti siderurgici", Masson, Milano, 1980

A. Monte, "Elementi di Impianti Industriali" vol. 1 e 11, Libreria Cortina, Torino.

### **ESAME**

E' prevista la discussione dell'esercitazione monografica, seguita da una prova orale.

## **P2820      IMPIANTI TERMOTECNICI**

Anno: 5	Periodo: 2		
Impegno (ore totali):	lezioni: 60	esercitazioni: 48	laboratori: 4
Docente:	<b>M. MASOERO</b>		

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso, di taglio fortemente applicativo, è destinato alla formazione di figure professionali quali il progettista di impianti, il responsabile del settore impianti, ambiente, o "energy manager" nell'industria, il funzionario di ente pubblico preposto ai settori dell'energia e dell'ambiente. Elemento didattico fondamentale è lo sviluppo delle esercitazioni progettuali, attorno alle quali è costruito il programma del corso.

### **PROGRAMMA**

- Classificazione e descrizione generale degli impianti termotecnici. Richiami di termodinamica, meccanica dei fluidi e trasmissione del calore (2 h).
- Principi della climatizzazione ambientale: teoria di Fanger del confort termoigrometrico; qualità dell'aria negli ambienti confinati; requisiti e condizioni di progetto per il dimensionamento degli impianti di climatizzazione (4 h).
- Bilancio energetico di un edificio climatizzato: calcolo del carico termico in condizioni invernali ed estive; riferimenti normativi; analisi delle principali metodologie di calcolo manuale ed informatizzato; richiami sulla termodinamica dell'aria umida (6 h).
- Impianti di climatizzazione a tutta aria, misti aria-acqua, a sola acqua ed autonomi: descrizione delle principali tipologie e metodi di dimensionamento; criteri di scelta delle tipologie di impianto, problemi installativi; conduzione e manutenzione degli impianti; cenni alla regolazione degli impianti (8 h).
- Reti di distribuzione dei fluidi (aria ed acqua); canali di distribuzione dell'aria: dimensionamento con i metodi a velocità imposta, a caduta di pressione costante e a recupero di pressione statica; scelta del ventilatore, verifica e bilanciamento; tubazioni di distribuzione dell'acqua: dimensionamento della rete, verifica e bilanciamento (6 h).
- Impianti di riscaldamento e ventilazione per edifici civili e industriali: tipologie costruttive; problemi di installazione e conduzione; ventilazione naturale e forzata (4 h).
- Generatori di calore: tipologie costruttive, bilancio energetico, definizioni e metodi di misura dei rendimenti; camini: metodi di dimensionamento e verifica; riferimenti normativi (4 h).
- Normativa per la sicurezza dei generatori di calore e degli apparecchi in pressione (D.M. 1.12.75). Problemi di prevenzione incendi nelle centrali termiche. Normativa per l'installazione delle apparecchiature domestiche a gas (4 h).
- Scambiatori di calore: tipologie costruttive; dimensionamento con i metodi LMTD e NTU; norme TEMA. Cenni al comportamento termico in transitorio e al dimensionamento strutturale (4 h).
- Centrali per la produzione del freddo: macchine frigorifere e compressione e ad assorbimento; richiami sui cicli termodinamici; compatibilità ambientale dei fluidi refrigeranti; principali tipologie di impianto, aspetti progettuali ed installativi; impianti a pompa di calore (4 h).
- Energetica degli impianti di climatizzazione. La normativa italiana sul risparmio energetico (legge 10/91, regolamenti di attuazione e norme di supporto); metodologie di analisi del consumo di energia per climatizzazione; soluzioni progettuali per il risparmio energetico (recupero termico, free cooling, accumulo giornaliero, sistemi di supervisione, ecc.) (4 h).

- Sistemi di cogenerazione: impianti basati su turbine a vapore, turbine a gas e motori alternativi a combustione interna; struttura delle tariffe elettriche, costo dei combustibili e contratti di gestione energetica; criteri di convenienza e metodi di analisi tecnico-economica di sistemi di cogenerazione; sistemi di riscaldamento urbano; esempi di realizzazioni impiantistiche (4 h).
- Ventilazione delle gallerie: tipologie di impianto; metodi di dimensionamento (2 h).
- Impatto ambientale degli impianti; emissioni inquinanti in atmosfera: normativa di riferimento, effetti e tecniche di abbattimento; il rumore degli impianti: normativa di riferimento, effetti e tecniche di mitigazione (2 h).
- Impianti antincendio: principi della prevenzione incendi, requisiti edilizi, sistemi di rilevazione, tipologie degli impianti di spegnimento (6 h).

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni di progetto:

- Progetto degli impianti di climatizzazione di un complesso industriale (stabilimento + uffici): calcolo dei carichi termici estivi ed invernali, scelta delle tipologie di impianto e dimensionamento dei componenti fondamentali, schemi funzionali, progetto delle reti di distribuzione aria e acqua.
- Progetto della centrale termofrigorifera del complesso industriale: dimensionamento dei generatori di calore e dei gruppi frigoriferi, dimensionamento dei camini, schemi funzionali, apparecchiature di sicurezza e prevenzione incendi.

Esercitazione di laboratorio:

esperienza di utilizzazione di un banco sperimentale sulla climatizzazione ambientale.

Verranno inoltre organizzate visite ad impianti termotecnici esistenti.

## BIBLIOGRAFIA

Il docente mette a disposizione degli studenti una raccolta di documenti (leggi, normative, articoli, ecc.) per lo svolgimento delle esercitazioni di progetto e per l'approfondimento dei temi trattati. Quali testi di riferimento per ulteriori approfondimenti si segnalano:

- 1. Anselmi, Lorenzi. "Elementi di impianti di riscaldamento" e "Elementi di impianti di condizionamento dell'aria". Ed. Masson. (2 copie)
- 2. Amerio, Sillitti. "Elementi di impianti tecnici". Ed. SEI.. (2 copie)
- ✓3. Pizzetti. "Il condizionamento dell'aria". Ed. Masson.
- ✓4. Andreini, Pitimada. "Riscaldamento degli edifici". Ed. Hoepli.
- ✓5. Alfano, Filippi, Sacchi. "Impianti di climatizzazione per l'edilizia". Ed. Masson. (1 ed. in)
6. "ASHRAE Handbook" (4 volumi).

## ESAME

Prova scritta che consiste in una domanda di teoria, un esercizio numerico e nel commento ad uno schema di impianto; colloquio orale relativo alle sole esercitazioni di progetto e di laboratorio, che potranno essere svolte in gruppi di due (massimo tre) persone. La valutazione si basa per il 50% sulle esercitazioni e per il 50% sulla prova scritta.





**- Condensatori di vapore [1 ora]**

Condensatori di vapore a superficie e a miscela.

**- Compressori di gas: turbocompressori e compressori volumetrici [11 ore]**

Sostituzione e principi di funzionamento di turbocompressori e ventilatori. Calcolo delle prestazioni e caratteristica manometrica di ventilatori e turbocompressori radiali e assiali. Punto di funzionamento e regolazione di un turbocompressore.

Compressore alternativo monostadio a semplice effetto: costituzione, ciclo di lavoro, scambi termici con le pareti, temperatura di mandata, distribuzione e regolazione. Compressori rotativi. Fattore di carico e scelta del tipo di compressore.

**- Turbomacchine idrauliche [7 ore]**

Parametri di similitudine e caratteristiche di funzionamento di turbine e turbopompe. Turbine Pelton, Francis e Kaplan.

Turbopompe centrifughe, assiali e miste. Regolazione delle turbomacchine idrauliche. Problemi di avviamento, installazione e cavitazione.

**- Motori alternativi a combustione interna [18 ore]**

Generalità e classificazioni. Caratteri costruttivi. Cicli ideali e reali. Diagramma della distribuzione. Espressioni della potenza utile. Pressione media indicata e pressione media effettiva. Combustione a volume costante e a pressione costante. Poteri calorifici di un combustibile. Analisi dei rendimenti ideale, limite, interno e organico. Ciclo di lavoro indicato. Coefficiente di riempimento. Influenza delle condizioni ambiente sulle prestazioni. Caratteristica meccanica e regolazione dei motori ad accensione comandata. Sovralimentazione di motori a combustione interna. Anomalie di combustione in motori ad accensione comandata. Numero di Ottano. Combustione e gasdinamica nei motori Diesel. Numero di Cetano. Apparat di iniezione. Emissioni inquinanti da motori a combustione interna.

**- Turbine a gas [9 ore]**

Impianti a ciclo Joule: rendimento e lavoro massico dei cicli ideale, limite e reale. Dipendenza del rendimento del ciclo reale dai vari parametri di funzionamento. Caratteristiche costruttive delle turbine a gas. Combustione in flusso permanente e combustori. Impianti di potenza avanzati con turbina a gas. Criteri di progetto di impianti a ciclo combinato gas-vapore con ricupero ad una pressione. Regolazione di turbine a gas monoalbero e bialbero.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni in aula consistono nello svolgimento di esercizi e problemi applicativi dei concetti sviluppati a lezione ed hanno lo scopo sia di fornire gli ordini di grandezza dei vari parametri, sia di migliorare il grado di approfondimento.

*Argomenti delle esercitazioni [per un totale di circa 40 ore]:*

Proprietà termodinamiche dei fluidi, trasformazioni dei gas perfetti e diagrammi termodinamici. Applicazioni del primo e del secondo principio della termodinamica. Ugelli e diffusori. Impianti e turbine a vapore. Funzionamento "fuori progetto" delle turbine a vapore e loro regolazione. Condensatori di vapore. Turbocompressori, compressori volumetrici e loro regolazione. Turbine idrauliche. Turbopompe e cavitazione. Calcolo delle prestazioni di motori alternativi a combustione interna. Regolazione dei motori alternativi a combustione interna. Alimentazione e sovralimentazione di motori alternativi. Impianti di turbine a gas. Regolazione delle turbine a gas. Impianti a ciclo combinato gas-vapore.

*Viaggio Istruzione [6 ore].* È prevista la visita allo stabilimento Ansaldo-Energia di Genova. Tale visita permette all'allievo di prendere visione diretta di impianti di turbine a vapore, a gas e a ciclo combinato, nonché dei loro procedimenti costruttivi.

*Laboratorio di Macchine [4 ore].* Analisi di alcune macchine a fluido e strumentazione presenti nel laboratorio. Rilievo caratteristica di una pompa-turbina Kaplan. Rilievo caratteristica meccanica di un motore alternativo ad accensione comandata.

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ A.E. Catania, *Complementi di Macchine*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1979.
- ✓ A.E. Catania, *Turbocompressori*, ACSV (Appunti dai Corsi Seminari di Vercelli), Ed. CGVCU (Comitato per la Gestione in Vercelli dei Corsi Universitari), 1990. (3 copie)
- ✓ A.E. Catania, *Compressori volumetrici*, ACSV, Ed. CGVCU, 1991. (3 copie)
- ✓ A.E. Catania, *Turbine idrauliche*, ACSV, Ed. CGVCU, 1992. (3 copie)
- ✓ A. Capetti, *Motori Termici*, Utet, Torino, 1967.
- ✓ A. Mittica, *Turbomacchine idrauliche operatrici*, ACV, Ed. CGVCU, 1994. (3 copie)

## ESAME

L'esame consiste in una prova scritta e in una prova orale.

**Prova scritta:** si svolge in tre ore e mezza. Consiste nello svolgimento di tre esercizi numerici su impianti o macchine a fluido relativi ad argomenti svolti durante il corso. L'esame di Macchine incomincia quando il candidato consegna l'elaborato al termine della prova scritta.

**Prova orale:** Consiste in una possibile discussione della prova scritta e nel rispondere a domande su due o più argomenti di teoria trattati a lezione.

Il voto di esame è determinato in base al risultato delle prove sostenute.

## **P3111      MACCHINE I**

Anno: 4	Periodo: 1	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6	esercitazioni: 4
Docente:	<b>Andrea Emilio CATANIA</b> (collab. <b>Ezio SPSSA</b> )	

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso tratta essenzialmente le problematiche delle turbomacchine, delle macchine volumetriche e, più in generale, dei sistemi energetici in cui esse sono inserite, con particolare riferimento agli impianti motori a vapore, agli impianti a ciclo combinato gas-vapore, ai compressori di gas e ai sistemi idraulici per la produzione e trasmissione di energia.

Il corso parte sia dai principi di termodinamica-energetica, esaminata dal punto di vista che più interessa nello studio dei sistemi energetici e delle macchine a fluido, sia dai concetti fondamentali della fluidodinamica e delle sue applicazioni alle turbomacchine. Oltre alle conoscenze necessarie per le opportune scelte e calcolazioni richieste ad un utilizzatore, il corso intende fornire le basi per la progettazione termofluidodinamica delle macchine e per l'approfondimento di settori più specialistici, quali, ad esempio, tenute a labirinto, valvole, modelli dinamici, regolazione, ecc..

### **REQUISITI**

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

### **PROGRAMMA**

#### ***Principi di termodinamica-energetica e di fluidodinamica [10 ore]***

Fonti primarie di energia tradizionali e rinnovabili. Legge di conservazione dell'energia e suoi aspetti applicativi. Trasformazioni di un sistema fluido e cicli termodinamici. Legge di evoluzione dell'energia e suoi aspetti applicativi. Bilancio energetico ed exergetico.

Equazioni integrali del moto dei fluidi: leggi di conservazione della massa, della quantità di moto, e del momento della quantità di moto.

#### ***Introduzione alle turbomacchine [1 ora]***

Generalità e classificazioni. Applicazione alle turbomacchine delle leggi fondamentali della termodinamica e della fluidodinamica. Triangoli delle velocità.

#### ***Ugelli e diffusori [6 ore]***

Velocità del suono e proprietà di ristagno in una corrente fluida. Analisi del flusso adiabatico ed isoentropico di una corrente unidimensionale stazionaria. Pressione critica e condizioni di criticità. Funzionamento di ugelli e diffusori in condizioni di progetto e "fuori progetto". Flusso reale di una corrente unidimensionale stazionaria. Rendimento di ugelli e diffusori.

#### ***Schemi di impianti, cicli termodinamici, problemi fondamentali negli impianti di turbine a vapore e a ciclo combinato gas-vapore [9 ore]***

Rendimenti e consumi specifici negli impianti motori termici. Ciclo di Rankine-Hirn e mezzi per aumentarne il rendimento. Ciclo Joule reale. Ricupero energetico allo scarico di turbine a vapore e a gas: impianti a cicli sovrapposti, a cogenerazione e a ciclo combinato gas-vapore. "Repowering" di impianti. Accumulatori di vapore. Impianti geotermoelettrici e nucleotermoelettrici.

#### ***Turbomacchine motrici: turbine a vapore e a gas [11 ore]***

Profili delle pale e perdite fluidodinamiche nelle turbomacchine. Rendimento interno di uno stadio di turbina e di una turbina multipla.. Analisi unidimensionale del flusso in uno stadio di turbina. Grado di reazione. Analisi pluridimensionale del flusso in uno stadio di turbina. Teoria dell'equilibrio radiale e svergolamento a vortice libero di una palettatura. Turbina assiale sem-

plice ad azione ed a salti di velocità. Turbine assiali a salti di pressione e a reazione. Criteri di progetto ed ottimizzazione del rendimento nelle turbine assiali. Organizzazione delle turbine multiple assiali. Sollecitazioni delle palettature di turbine. Turbine radiali monostadio e multistadio. Turbine birotative. Calcolo ed equilibramento della spinta assiale sul rotore di una turbina. Mezzi di tenuta nelle turbomacchine e tenute a labirinto.

#### **Funzionamento di una turbina in condizioni diverse da quelle di progetto [10 ore]**

Analisi delle prestazioni "fuori progetto" di una palettatura di turbina. Postespansione. Parametri adimensionati del flusso in una turbomacchina. Similitudine fluidodinamica. Rappresentazione del campo di prestazioni di una turbina e cono dei consumi. Calcolo approssimato delle prestazioni di una turbina "fuori progetto". Caratteristica meccanica di una turbina. Coppia allo spunto e velocità di fuga.

#### **Regolazione delle turbine a vapore [6 ore]**

Criteri di utilizzazione e regolazione degli impianti a vapore. Regolazione di una turbina per laminazione, per parzializzazione, per sorpasso lato vapore e lato acqua. Campo di regolazione di turbine a contropressione e ad estrazione. Regolazione di turbine in impianti a ciclo combinato. Criteri di proporzionamento delle valvole. Problemi funzionali nella regolazione delle turbine a vapore.

#### **Condensatori di vapore [2 ore]**

Condensatori di vapore a superficie e a miscela. Dimensionamento dei tubi e scelta dei materiali nei condensatori a superficie. Condensatori ad aria. Condensatori tipo Heller.

#### **Compressori di gas [13 ore]**

Classificazione, aspetti costruttivi e principi di funzionamento dei ventilatori e dei turbocompressori di gas. Calcolo delle prestazioni e parametri adimensionati di funzionamento delle turbomacchine operatrici a gas. Compressione interrefrigerata. Caratteristica manometrica di ventilatori e turbocompressori. Pompaggio, stallo e punto di funzionamento di un turbocompressore. Dimensionamento di massima di turbocompressori centrifughi e assiali. Regolazione dei turbocompressori.

Classificazione e costituzione dei compressori volumetrici. Compressore alternativo monostadio a semplice effetto: cicli di lavoro, scambi termici con le pareti, temperatura di mandata e distribuzione. Compressori alternativi pluristadio. Regolazione dei compressori alternativi. Compressori rotativi a palette e Roots. Fattore di carico e scelta di un compressore di gas.

#### **Macchine idrauliche [10 ore]**

Generalità, potenza e rendimenti delle turbine idrauliche. Parametri di similitudine e caratteristiche di funzionamento. Numero di giri specifico e caratteristico. Turbine Pelton, Francis, ad elica e Kaplan. Regolazione delle turbine idrauliche.

Generalità, potenza e rendimenti delle turbopompe. Parametri di similitudine e caratteristiche di funzionamento. Turbopompe centrifughe, assiali e miste. Regolazione delle turbopompe. Problemi di avviamento ed installazione. Cavitazione.

Pompe e motori volumetrici idraulici.

#### **Trasmissioni idrauliche [6 ore]**

Aspetti costruttivi e principi di funzionamento delle trasmissioni idrostatiche ed idrodinamiche. Esempi di trasmissioni idrostatiche. Giunti idrodinamici: prestazioni e curve caratteristiche. Campo di applicazione dei giunti idrodinamici. Convertitori idrodinamici di coppia: caratteristiche di funzionamento, prestazioni e campo di applicazione.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni in aula consistono nello svolgimento di esercizi e problemi applicativi dei concetti sviluppati a lezione ed hanno lo scopo sia di fornire gli ordini di grandezza dei vari parametri, sia di migliorare il grado di approfondimento.

Argomenti delle esercitazioni [per un totale di circa 40 ore]:

Proprietà termodinamiche dei fluidi, trasformazioni dei gas perfetti e diagrammi termodinamici. Applicazioni del primo e del secondo principio della termodinamica. Ugelli e diffusori. Impianti a vapore e a ciclo combinato gas-vapore. Accumulatori di vapore. Turbine a vapore assiali e radiali. Calcolo dell'efflusso subcritico e critico da tenute a labirinto. Funzionamento "fuori progetto" delle turbine. Regolazione degli impianti a vapore. Condensatori. Turbocompressori centrifughi e assiali. Regolazione dei turbocompressori. Compressori volumetrici a stantuffo e loro regolazione. Compressori volumetrici rotativi a palette e Roots. Turbine idrauliche Pelton, Francis e Kaplan. Turbopompe. Cavitazione nelle macchine idrauliche. Trasmissioni idrostatiche. Giunti idrodinamici. Convertitori idraulici di coppia.

*Viaggio Istruzione* [6 ore]. È prevista la visita allo stabilimento Ansaldo-Energia di Genova. Tale visita permette all'allievo di prendere visione diretta di impianti di turbine a vapore, a gas e a ciclo combinato, nonché dei loro procedimenti costruttivi.

*Laboratorio di Macchine* [4 ore]. Analisi di alcune macchine a fluido e strumentazione presenti nel laboratorio. Rilievo caratteristica di una pompa-turbina Kaplan. Acquisizione automatica dati sperimentali ad alta frequenza.

## **BIBLIOGRAFIA**

- ↘ A.E. Catania, *Complementi di Macchine*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1979.
- ↘ A.E. Catania, *Turbocompressori*, ACSV (Appunti dai Corsi Seminalari di Vercelli), Ed. CGVCU (Comitato per la Gestione in Vercelli dei Corsi Universitari), 1990.
- ↘ A.E. Catania, *Compressori volumetrici*, ACSV, Ed. CGVCU, 1991.
- ↘ A.E. Catania, *Turbine idrauliche*, ACSV, Ed. CGVCU, 1992.
- ↘ A. Mittica, *Turbomacchine idrauliche operatrici*, ACV, Ed. CGVCU, 1994

## **ESAME**

L'esame consiste in una prova scritta e in una prova orale.

*Prova scritta*: si svolge in tre ore e mezza. Consiste nello svolgimento di tre esercizi numerici su impianti o componenti di macchine a fluido relativi ad argomenti svolti durante il corso. L'esame di Macchine I incomincia quando il candidato consegna l'elaborato al termine della prova scritta.

*Prova orale*: Consiste in una possibile discussione della prova scritta e nel rispondere a domande su due o più argomenti di teoria trattati a lezione.

Il voto di esame è determinato in base al risultato delle due prove sostenute.

## **P3112      MACCHINE II**

Anno: 4

Periodo: 2

Impegno (ore sett.)

lezioni: 6                      esercitazioni: 4

Docente:

**Enrico ANTONELLI** (collab.: **Federico MILLO**)

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso intende fornire le nozioni fondamentali sui motori a combustione interna volumetrici (alternativi e rotativi) e sui motori a flusso continuo (turbine a gas), sia a combustione interna che a combustione esterna; esso si compone di una parte più propriamente descrittiva, avente lo scopo di fornire una conoscenza generale della costituzione dei predetti motori, e di un'altra parte, a carattere formativo, necessaria a costituire la base per la loro progettazione termica e fluidodinamica e a permetterne la scelta in relazione all'impiego cui sono destinati.

Il corso comprende lezioni, esercitazioni numeriche e grafiche in aula e tre esercitazioni di laboratorio.

### **REQUISITI**

Sono propedeutiche nozioni acquisite nei corsi di Macchine 1 e di Tecnologia dei materiali e chimica applicata, oltreché Fisica tecnica e Meccanica applicata alle macchine.

### **PROGRAMMA**

#### ***Richiami di nozioni fondamentali [14 ore].***

Nozioni-base di termodinamica dei mezzi continui: relazioni termiche e relazioni meccaniche; parametri di stato (esterni e interni, fisici e chimici); equazioni di stato; leggi di conservazione e leggi di evoluzione dal punto di vista sostanziale e dal punto di vista locale; confronto fra lavoro esterno e lavoro tecnico. Proprietà dei diagrammi  $p$ ,  $v$  e  $T$ ,  $S$  in termini di curve e in termini di aree. Equazioni di combustione adiabatica, e con scambio di calore con le pareti, senza e con dissociazione. Teorema dell'energia utilizzabile.

#### ***Generalità sui motori volumetrici [8 ore].***

Classificazione dei motori volumetrici. Quadro dei rendimenti termici, termofluidodinamici e meccanici. Consumi specifici di calore e di combustibile. Espressione della potenza e della pressione media effettiva per i diversi tipi di motori volumetrici a c.i.. Considerazioni sul parametro energetico dei combustibili utilizzabili. Quadro sinottico delle influenze esercitate sulle prestazioni dei motori alternativi a c.i.. Criteri generali di impiego dei motori alternativi a 2 e a 4 tempi, ad accensione comandata e ad accensione per compressione. Valori attuali dei principali parametri caratterizzanti le prestazioni dei motori. Impostazione del progetto di massima di un motore alternativo a combustione interna: determinazione delle principali caratteristiche del motore.

#### ***Descrizione dei motori alternativi a combustione interna [4 ore].***

Costituzione, funzionamento reale, e particolarità costruttive dei motori alternativi ad accensione comandata, a 4 e a 2 tempi, veloci e leggeri.

Costituzione, funzionamento reale, e particolarità costruttive dei motori alternativi ad accensione per compressione, a 4 e a 2 tempi, sia veloci e leggeri, sia lenti e pesanti.

#### ***Analisi dei rendimenti dei motori alternativi a c.i. [8 ore].***

Criteri di scelta del ciclo ideale per motori alternativi a combustione interna. Rendimenti termici dei cicli ideali. Rendimenti termici dei cicli ad aria reale. Rendimenti termici dei cicli ad aria e combustibile. Dipendenza del rendimento termico limite dalla dosatura. Il rendimento termodinamico interno: influenza dell'imperfezione della combustione, degli scambi termici con le pareti, delle perdite per fughe, delle laminazioni nel ricambio del fluido-motore. Il rendimento

organico: influenza dei lavori d'attrito e del lavoro richiesto dagli accessori. Dipendenza del rendimento organico dalla velocità di rotazione, dalla pressione media indicata e dalla potenza utile.

#### ***Il riempimento dei motori alternativi a 4 e a 2 tempi [8 ore].***

Il riempimento dei motori a 4 tempi: considerazioni generali, studio generalizzato e studio semplificato; dipendenza del coefficiente di riempimento dalla velocità di rotazione, dalla velocità media dello stantuffo, dall'indice di Mach. Dimensionamento delle valvole e dei condotti. Ottimizzazione della legge di alzata delle valvole. Influenza sul riempimento del motore da parte delle pulsazioni nella corrente.

Il riempimento dei motori a 2 tempi: considerazioni generali, i 3 modelli di lavaggio, calcolo del coefficiente di riempimento e del rendimento di lavaggio nei casi di "progressiva e uniforme diluizione", di "stantuffo di gas" e di "corto-circuito"; loro dipendenza dalla velocità di rotazione e dalle laminazioni all'alimentazione e allo scarico. Influenza sul riempimento del motore da parte delle pulsazioni nella corrente. Caratteristiche costruttive e di funzionamento del carter-pompa.

#### ***La combustione nei motori ad accensione comandata [4 ore].***

Influenza della temperatura e della dosatura sulla velocità di reazione e sulla velocità del fronte di fiamma. Propagazione delle fiamme laminari e delle fiamme turbolente: influenza della velocità di rotazione e della velocità media dello stantuffo. La combustione in un ambiente chiuso. L'angolo di combustione e sua dipendenza dai parametri di funzionamento del motore. Influenza dell'angolo di combustione sui rendimenti e sulle pressioni medie del motore. Caratteristica di regolazione e caratteristica meccanica dei motori ad accensione comandata: soluzione attuale e proposte per un suo miglioramento.

#### ***Anomalie di combustione dei motori ad accensione comandata [4 ore].***

Modello di combustione per frazioni successive. Caratteri organolettici e motoristici della detonazione. La teoria dell'onda esplosiva e quella dell'autoaccensione dell'*end-gas*. Misure ed esperimenti sulle macchine a compressione rapida e sui reattori termici. La valutazione della resistenza alla detonazione dei carburanti in laboratorio e su strada. Anomalie di accensione. Le principali qualità richieste a un carburante. Il "grado termico" delle candele. L'apparato di accensione: cenni.

#### ***La combustione, e le sue anomalie, nei motori ad accensione per compressione [4 ore].***

Il ritardo di autoaccensione e l'"accumulo" di combustibile: dipendenza dalle caratteristiche di funzionamento del motore e dalle caratteristiche chimico-fisiche del combustibile. La ruvidezza di funzionamento del motore e l'accendibilità dei combustibili. Caratteristica di regolazione e caratteristica meccanica dei motori ad accensione per compressione: confronto con i motori ad accensione comandata; attuali soluzioni migliorative della caratteristica meccanica, a pieno carico e ai carichi parziali.

#### ***L'apparato di iniezione dei motori ad acc. per compressione e ad acc. comandata [4 ore].***

Esigenze dell'apparato di iniezione: fase, quantità, qualità. Schema dei principali tipi. Iniezione diretta e iniezione in precamera: necessità e prestazioni. Principali tipi di iniettori. Schema della pompa Bosch in linea e dell'American Bosch rotativa. La rottura del getto iniettato e la sua polverizzazione: dipendenza dalla velocità di iniezione, e dalla tensione superficiale e viscosità del combustibile. La penetrazione delle gocce iniettate e la loro distribuzione nella camera di combustione. Calcolo dei ritardi d'iniezione. Cenni sulla carburazione nei motori ad accensione comandata, mediante carburatore o mediante iniezione.

#### ***La sovralimentazione dei motori alternativi a combustione interna [4 ore].***

Sovralimentazione e alimentazione artificiale: generalità. La sovralimentazione dei motori a 4 tempi: pre- e post-alimentazione, e sovralimentazione di base: dipendenza delle prestazioni dal tipo di comando del compressore e dal tipo di alimentazione dell'eventuale turboespansore. La sovralimentazione dei motori a 2 tempi: prestazioni e problemi particolari. La sovralimentazione in campo automobilistico: problemi particolari.

### *Gli impianti di turbina a gas [8 ore].*

Generalità; rendimento termico e lavoro massico del ciclo ideale e del ciclo limite, e loro dipendenza dal rapporto di compressione e dalla temperatura massima. Conglobamento dei rendimenti pneumatici nei rendimenti isentropici delle turbomacchine. Il rendimento termico globale e il lavoro massico utile, e loro dipendenza, nel caso di ciclo semplice, dal rapporto di compressione e dalla temperatura massima, oltretutto dai rendimenti dei singoli componenti dell'impianto. Ciclo complesso con compressione interrefrigerata: sua convenienza nel caso ideale e nel caso reale. Ciclo complesso con espansione interrotta da ricombustione: sua convenienza nel caso ideale e nel caso reale. Cicli rigenerativi ideali e reali con diversa efficacia della rigenerazione: loro prestazioni al variare del rapporto di compressione. Cicli rigenerativi complessi e loro confronto con cicli combinati gas-vapore.

### *Descrizione degli impianti di turbina a gas [2 ore].*

L'impianto di turbina a gas: generalità e disposizione meccanica delle diverse turbomacchine. Il combustore: costituzione e caratteristiche di funzionamento. La refrigerazione delle palette del turboespansore: soluzioni costruttive e prestazioni corrispondenti.

### *Prestazioni degli impianti di turbina a gas fuori dalle condizioni di progetto [4 ore].*

Caratteristica di regolazione di un impianto monoalbero semplice, di un impianto monoalbero con laminazione all'aspirazione, di un impianto bialbero con turbina di potenza sulla bassa pressione, o sulla alta pressione, o in parallelo. Caratteristica di regolazione di un impianto a ciclo chiuso mediante variazione della massa di gas contenuta nell'impianto stesso.

Caratteristica meccanica di un impianto monoalbero semplice e di un impianto bialbero con turbina di potenza sulla bassa pressione. Altre soluzioni realizzate.

### *Cenni sui motori a reazione [2 ore].*

Generalità: spinta, impulso specifico, rendimento propulsivo, consumo specifico della spinta. Turboreattori: generalità, la pratica del doppio flusso. Autoreattori, endoreattori, pulsoreattori.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Nel corso delle esercitazioni in aula, oltre alla soluzione di alcuni esercizi numerici su argomenti svolti a lezione, vengono trattati argomenti di carattere descrittivo (1<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> eserc.) e vengono svolte esercitazioni di calcolo (2<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> eserc.), come di seguito specificato.

### *1<sup>a</sup> Esercitazione [6 ore].*

Descrizione dei principali componenti di un motore alternativo a 4 tempi ad accensione comandata per trazione automobilistica.

Riproporzionamento di massima dell'apparato d'aspirazione di un motore alternativo a 4 tempi.

### *2<sup>a</sup> Esercitazione [10 ore].*

Dimensionamento di massima del volano di un motore alternativo a 4 tempi ad accensione comandata per trazione automobilistica.

- Calcolo del ciclo Otto convenzionale.
- Calcolo della pmi, delle pressioni efficaci e delle pressioni tangenziali.
- Calcolo del lavoro motore e del lavoro resistente (motore monocilindrico e pluricilindrico)
- Calcolo del volano e della velocità angolare (motore monocilindrico e pluricilindrico).

### *3<sup>a</sup> Esercitazione [8 ore].*

Misure di potenza.

- Apparecchiature per il rilievo della potenza: cenni su freni dinamometrici tarati e a reazione, su torsionometri e celle di carico; misure di velocità angolare.

- Curve caratteristiche: caratteristica meccanica, caratteristica di regolazione, cubica di utilizzazione.

- Correzione di potenza per motori Otto (a carburazione e ad iniezione) e per motori Diesel.

### *4<sup>a</sup> Esercitazione [2 ore].*

Descrizione di un motore Diesel a 2 tempi, lento, di tipo navale.

### 5ª Esercitazione [8 ore].

Dimensionamento di massima di un impianto di turbina a gas.

- Calcolo dei punti principali del ciclo (pressioni e temperature.
- Calcolo dei lavori di compressione e di espansione.
- Calcolo delle portate di aria e di combustibile.
- Calcolo del ciclo entropico dell'impianto.
- Modifiche per inserimento di un ciclo Rankine sottoposto.

### 6ª Esercitazione [4 ore].

Le emissioni di inquinanti, meccanismi di formazione, metodi per contenerli e dispositivi per ridurli (reattori, trappole, etc.). Limiti di legge delle emissioni e cicli di prova delle autovetture.

#### 1º Laboratorio [2 ore].

Smontaggio e rimontaggio di un motore alternativo a 4 tempi.

#### 2º Laboratorio [2 ore].

Rilievo della caratteristica meccanica di un motore ad accensione comandata (Otto).

#### 3º Laboratorio [2 ore].

Rilievo della caratteristica di regolazione di un motore ad accens. per compressione (Diesel).

**È obbligatoria la sola frequenza dei laboratori (6 ore, ma al 100%).** Gli studenti verranno suddivisi in squadre di 10÷15 elementi; la composizione delle squadre, il calendario e gli orari dei laboratori verranno affissi con congruo anticipo nella bacheca del Dipartimento di Energetica. Gli spostamenti da una squadra a un'altra sono consentiti solo se concordati preventivamente con il docente esercitatore.

## BIBLIOGRAFIA

Non esiste un unico testo di riferimento che tratti tutti gli argomenti del corso esattamente come a lezione; è consigliabile pertanto prendere appunti, anche se la maggior parte degli argomenti sono trattati in modo adeguato nell'insieme dei 3 testi:

E. Antonelli - *Richiami di Termodinamica applicata alle Macchine* (Dispense).

E. Antonelli - *Richiami di Termodinamica della combustione* (Dispense).

√ A. Capetti - *Motori Termici*, Utet, Torino.

## ESAME

L'esame si articola, di norma, su 3 domande riguardanti gli argomenti trattati a lezione e su 1÷2 domande attinenti le esercitazioni in aula e/o in laboratorio. L'esame è in forma orale.

Viene privilegiata la capacità di ragionamento rispetto allo sforzo mnemonico - gli esercizi e le domande sono semplici se si sono comprese le nozioni di base e i principi di funzionamento delle macchine.

È prevista all'inizio di aprile la possibilità di un compito di esonero che evita di portare all'esame i richiami di Termodinamica.

Anno: 4,5

Periodo :1

Impegno (ore totali)

lezioni: 80

esercitazioni: 20

laboratori: 15

Docente:

**Paolo FERRARIS****PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di introdurre le metodologie fondamentali utili all'analisi del funzionamento di quei dispositivi elettromeccanici statici o rotanti che possono pensarsi alla base della realizzazione delle principali macchine elettriche nella loro veste industriale.

Su tali basi ci si propone di analizzare i fenomeni più elementari del funzionamento delle quattro macchine classiche e di procedere, ove possibile, ad una loro descrizione quantitativa. Cenni alle tecniche realizzative delle macchine sono introdotti limitatamente a quanto necessario per formulare un modello fisico studiabile. Questo aspetto dovrebbe essere parzialmente completato da ricognizioni su macchine industriali.

**REQUISITI**

Nozioni propedeutiche sono quelle relative alle fenomenologie elettriche e magnetiche, ed alle tecniche elementari per la realizzazione di dispositivi elettromeccanici. Esse sono riconducibili ai contenuti dei corsi di *Fisica* e di *Elettrotecnica I e II*

**PROGRAMMA****Trasformatori.**

Avvolgimento percorso da corrente, grandezze caratteristiche, circuito equivalente elettrico e magnetico, convenzioni di segno. Circuiti magneticamente accoppiati, circuito equivalente elettrico e magnetico; principio di dualità; equazioni e funzionamento.

Trasformatore monofase ideale; adattatore di impedenza. Trasformatore monofase reale: corrente magnetizzante; circuiti magnetici reali; perdite nel ferro; trasformatore in regime sinusoidale; diagramma vettoriale; simulazione delle perdite nel ferro. Potenza nominale; rendimento. Funzionamento a vuoto; funzionamento in corto circuito; determinazione dei parametri caratteristici; le perdite addizionali. Funzionamento sotto carico; variazione di tensione da vuoto a carico; diagramma di Kapp. Funzionamento in parallelo di trasformatori monofasi; analisi di comportamento e condizioni di buon funzionamento.

Trasformatori trifasi. Circuito magnetico equivalente; semplificazioni in caso di buona simmetria. Tipo di collegamenti, gruppi di appartenenza. Funzionamento a vuoto, effetto della saturazione. Effetto della presenza di un avvolgimento a triangolo sui flussi omopolari. Funzionamento con carichi squilibrati, a seconda del tipo di collegamento primario. Trasformatore con collegamento a zig-zag.

Autotrasformatore; funzionamento e peculiarità; parametri caratteristici.

**Macchine rotanti in corrente alternata.**

Strutture delle macchine rotanti: definizione di  $fmm$  distribuita prodotta da conduttori posti al traferro,  $fmm$  dovuta a una o più spire, analisi armonica delle distribuzioni spaziali di  $fmm$ .

Effetto di un avvolgimento percorso da corrente sinusoidale. Campo rotante di tre avvolgimenti percorsi da una terna di correnti equilibrate; definizione del numero di spire equivalenti per la produzione di  $fmm$ .

Rappresentazione di  $fmm$  al traferro mediante vettori spaziali. Flusso al traferro, riluttanza equivalente, vettore flusso. Flusso concatenato e  $fem$ , in spire al traferro in regime sinusoidale. Fattori di avvolgimento, numero di spire equivalenti dal punto di vista della generazione di  $fem$ ; dipendenza dal tipo di avvolgimento.

Rappresentazione mediante vettori spaziali di tutte le grandezze di macchina e di avvolgimento.

### **Macchine sincrone trifasi.**

Tipi di strutture e definizioni.

Macchina isotropa in condizioni di linearità magnetica. Equazioni elettriche e magnetica in regime sinusoidale. Diagramma vettoriale.

Determinazione della corrente di eccitazione note le condizioni elettriche di carico. Effetti della reazione di indotto. La reattanza sincrona. Circuito equivalente in linearità di una macchina isotropa. Effetto della saturazione.

Individuazione degli assi privilegiati di macchina note le condizioni di carico. Scomposizione di tutte le grandezze di macchina secondo componendi  $d$  e  $q$ . Analisi del funzionamento con carichi reattivi. Caratteristiche a corrente costante a  $\cos(\phi)=0$ ; il triangolo di Potier.

Fenomeni di autoeccitazione, caratteristica di autoeccitazione. Diagramma circolare, curve a  $V$ , la macchina sincrona come carico reattivo fittizio. Caratteristica elettromeccanica della macchina isotropa, condizioni di stabilità.

Macchine anisotrope, effetti distorcenti dell'anisotropia. Scomposizione delle equazioni secondo i due assi, reattanza sincrona diretta e in quadratura. Diagramma vettoriale. Caratteristica elettromeccanica delle macchine anisotrope.

cenno ai problemi di misura di parametri delle macchine sincrone.

### **Macchine a induzione.**

Struttura e funzionamento qualitativo.

$F_{em}$  indotte e  $f_{mm}$  prodotte da sistemi polifasi di avvolgimenti statorici e rotorici.

Funzionamento a rotore fermo come sfasatore. Funzionamento a rotore in movimento, scorrimento. Rappresentazione con vettori spaziali delle grandezze statoriche e rotoriche.

Interpretazione del funzionamento mediante circuito equivalente primario e secondario.

Deduzione e interpretazione del circuito equivalente completo. Rapporto di trasformazione per le correnti e per le  $f_{mm}$ . Circuito equivalente riportato al primario e sue elaborazioni.

Diagramma circolare.

Potenza in gioco nella macchina a induzione e loro interdipendenza. Caratteristica elettromeccanica e sue peculiarità. Il ruolo della resistenza rotorica, e degli altri parametri fondamentali.

Le rette caratteristiche sul diagramma circolare.

### **Macchine a corrente continua.**

Generalità, l'anello di Pacinotti, deduzioni della struttura classica per la macchina in cc.

L'avvolgimento rotorico ed il commutatore a lamelle.  $F_{em}$  e coppia prodotta in macchina a eccitazione indipendente. Reazione di indotto e suoi effetti, effetto dello spostamento del piano di commutazione. Il fenomeno della commutazione, gli avvolgimenti ausiliari e di compensazione. Caratteristica elettromeccanica e sua utilizzazione mediante regolazione nell'armatura e nel campo. La regolazione a potenza costante, significato delle regolazioni miste.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni in aula mirano ad illustrare gli aspetti essenziali degli argomenti svolti a lezione con esempi dei tipi di funzionamento delle macchine e delle loro applicazioni più rilevanti dal punto di vista pratico.

Particolare importanza è data alla risoluzione per via analitica e grafica, dei problemi concernenti il funzionamento e la costruzione delle macchine elettriche più importanti al fine di produrre una acquisizione diretta di notizie circa gli ordini di grandezza di parametri elettrici meccanici e termici che condizionano il funzionamento ed il progetto delle più comuni macchine.

Le esercitazioni di laboratorio avranno lo scopo di verificare su macchine reali i principali fenomeni descritti a lezione ed i dati ottenuti nelle esercitazioni in aula.

## **BIBLIOGRAFIA**

- ✓ A. Carrer, *Macchine elettriche*. Vol. 1-4, Levrotto & Bella, Torino.
- ✓ S. Crepaz, *Macchine elettriche*, CLUP, Milano.
- ✓ G. Someda, *Elementi di costruzione delle macchine elettriche*, Patron, Bologna.
- ✓ Fitzgerald, Kingsley, *Electric machinery*, McGraw-Hill, New York.

Anno: 3

Periodo: 2

Impegno (ore sett.)

lezione: 6

esercitazione: 4

Docenti:

**Guido BELFORTE** (I corso), **Carlo FERRARESI** (II corso)**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Scopo del corso è descrivere le leggi fondamentali che regolano il funzionamento dei dispositivi meccanici e delle macchine, effettuare l'analisi funzionale dei componenti meccanici e l'analisi dinamica dei sistemi meccanici.

**REQUISITI**

Nozioni di meccanica di base.

**PROGRAMMA****I MODULO (5 ECTS.)**

- *Attrito.* Attrito radente e volvente. Impuntamento. Applicazioni al moto di ruote e veicoli, meccanismi articolati, guide a rulli, montaggio di perni. (10 ore)
- *Componenti e sistemi ad attrito.* Sistema vite-madrevite: rendimento, reversibilità, viti differenziali. Freni a pattini piani, a tamburo, a disco, a nastro. Frizioni piane, multiple, coniche. (16 ore)
- *Trasmissioni con flessibili.* Cinghie piane e trapezoidali: condizioni di funzionamento, rapporto di trasmissione, rendimento. Cinghie dentate. Funi. Catene. Paranchi. (10 ore)
- *Componenti per la trasmissione del moto.* Supporti a rotolamento. Supporti lubrificati: proprietà dei lubrificanti, teoria elementare della lubrificazione, perni e pattini lubrificati. Giunti elastici, articolati, giunto di Cardano, giunti omocineticici. Sistemi a camme. (14 ore)

**II MODULO. (5 ECTS.)**

- *Ruote dentate e rotismi.* Ruote cilindriche a denti dritti e a denti elicoidali, ruote coniche. Elementi geometrici, interferenza, proporzionamento modulare, minimo numero di denti, forze scambiate e reazioni sui supporti. Trasmissione tra assi sghembi. Coppia vite senza fine - ruota elicoidale. Rotismi ordinari ed epicicloidali. Differenziali e cambi di velocità. (24 ore)
- *Equilibri dinamici.* Applicazioni del teorema della quantità di moto, del momento della quantità di moto e dell'energia. Sollecitazioni dinamiche su elementi rotanti ed equilibramento dei rotori. Studio dei fenomeni transitori nelle macchine. Accoppiamento di macchine motrici e operatrici. Funzionamento in regime periodico. Calcolo dei volani. (14 ore)
- *Vibrazioni.* Sistemi a parametri concentrati a uno e più gradi di libertà. Misura delle vibrazioni. Trasmissibilità. Velocità critiche. (12 ore)

**LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni in aula consisteranno nello svolgimento di esercizi relativi a quanto sviluppato nelle lezioni, con particolare riferimento all'uso di dati numerici e alle unità di misura. Durante ogni esercitazione saranno forniti i testi di vari esercizi, che gli studenti sono invitati a svolgere nel corso della settimana; la soluzione degli esercizi proposti sarà presentata la volta successiva. Potranno essere effettuate esercitazioni sperimentali di laboratorio, svolte a gruppi di circa otto studenti. Esse riguarderanno misure di rendimento su motori e riduttori di velocità.

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ G. Belforte, *Meccanica Applicata alle Macchine*, Ed. Levrotto e Bella, Torino, 1997
- ✓ C. Ferraresi, T. Raparelli, *Meccanica Applicata*, Ed. CLUT, Torino, 1997

## ESAME

L'esame si svolge in forma orale sull'intero programma del corso (lezioni ed esercitazioni). Saranno svolti due accertamenti scritti durante il corso, a parziale o totale esonero dell'esame.

## **P3230 MECCANICA DEI FLUIDI**

Anno: 3 Periodo: 1

Impegno (ore sett.) lezioni: 6 esercitazioni: 4

Docenti: **Luigi BUTERA, Sebastiano SORDO**  
(collab.: **Luca RIDOLFI, Maurizio ROSSO**)

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

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

### **REQUISITI**

Analisi matematica I e II, Fisica I, Meccanica razionale.

### **PROGRAMMA**

#### **- I fluidi e le loro caratteristiche. [4 ore]**

Definizione di fluido; i fluidi come sistemi continui; grandezze della meccanica dei fluidi e unità di misura; proprietà fisiche; regimi di movimento; sforzi nei sistemi continui.

#### **- Statica dei fluidi e dei galleggianti. [9 ore]**

Equazione indefinita della statica dei fluidi; equazione globale dell'equilibrio statico; statica dei fluidi pesanti incompressibili: misura della pressione, spinta su una superficie piana e spinta su superfici curve; spinta sopra corpi immersi; statica dei fluidi pesanti comprimibili; equilibrio relativo. Equilibrio e stabilità dei galleggianti. Applicazioni ai natanti ed all'uso dei galleggianti come trasduttori di livello nei serbatoi.

#### **- Regolazione delle portate mediante serbatoi. [2 ore]**

Regolazione a parità di volume affluito e defluito costante; regolazione a capacità assegnata.

#### **- Cinematica dei fluidi e dinamica dei fluidi. [5 ore]**

Impostazione euleriana e lagrangiana; velocità e accelerazione; equazioni del moto; equazioni di stato.

#### **- Dinamica dei fluidi perfetti. [15 ore]**

Variatione del carico piezometrico lungo la normale, la binormale e la tangente alla traiettoria; correnti lineari; teorema di Bernoulli; interpretazione geometrica ed energetica; applicazione ad alcuni processi di efflusso; potenza di una corrente in una sezione; estensione del teorema di Bernoulli a una corrente; applicazione del teorema di Bernoulli alle correnti per misurare le portate in condotti: venturimetri e boccagli; estensione del teorema di Bernoulli ai fluidi comprimibili; equazione del moto vario ed applicazioni; moti irrotazionali e relativa estensione del teorema di Bernoulli; stramazzi.

#### **- Analisi dimensionale e cenni di teoria dei modelli. [3 ore]**

#### **- Dinamica dei fluidi reali. [5 ore]**

Esperienza di Reynolds; equazione di Navier; equazione globale di equilibrio.

#### **- Correnti in pressione. [15 ore]**

Generalità sul moto uniforme; moto laminare; caratteristiche generali del moto turbolento; grandezze turbolente e valori medi; sforzi tangenziali turbolenti; ricerche sul moto uniforme turbolento: moto nei tubi lisci, moto nei tubi scabri, diagramma di Moody, diagrammi di Moody modificati per i problemi di progetto e di verifica; formule pratiche. Perdite di carico localizzate: brusco restringimento; perdite di imbocco e di sbocco, convergenti e divergenti.

Generalità sulle lunghe condotte; schemi pratici per una lunga condotta a diametro costante; reti di condotte a gravità e impianti di sollevamento; problemi idraulicamente indeterminati resi determinati con criteri di economia; possibili tracciati altimetrici delle lunghe condotte. Reti chiuse: progetto delle reti chiuse; loro verifica con il metodo di Cross.

- **Moto vario delle correnti in pressione. [8 ore]**

Colpo d'ariete nelle condotte adduttrici; colpo d'ariete negli impianti di sollevamento; dispositivi di attenuazione; casse d'aria; influenza del tipo di trasformazione subita dall'aeriforme.

- **Moti di filtrazione. [4 ore]**

Generalità; legge di Darcy-Ritter e generalizzazioni; moto permanente in falde artesiane e freatiche. Applicazioni pratiche.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Nelle esercitazioni verranno trattati problemi pratici attinenti gli argomenti svolti a lezione. Più significativamente, ed in via orientativa, queste esercitazioni riguarderanno una la statica dei fluidi ed i galleggianti, tre il moto dei fluidi perfetti e l'analisi dimensionale, cinque il moto dei fluidi reali ed una i fenomeni di moto vario nelle correnti in pressione.

## **BIBLIOGRAFIA**

Testo di riferimento:

✓ G. De Marchi, *Idraulica*, Hoepli, Milano, 1960.

Testi ausiliari,

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

✓ E. Marchi, A. Rubatta, *Meccanica dei fluidi*, UTET, Torino, 1982.

## **ESAME**

L'esame è di tipo tradizionale, orale, e verterà sugli argomenti svolti a lezione nonché, sugli esercizi sviluppati nelle esercitazioni.

Anno: 4

Periodo: 1

Impegno (ore)

lezione: 66    esercitazione: 28    laboratorio: 10

Docenti:

**Massimo ROSSETTO** (Dipartimento di Meccanica)**Donato FIRRAO** (Dipartimento di Scienza dei Materiali e Ingegneria Chimica)**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di fornire i concetti fondamentali e le principali applicazioni del comportamento meccanico dei materiali alle condizioni che portano alla frattura dei componenti strutturali sollecitati sia con carichi statici sia con carichi variabili. Vengono quindi affrontate le tematiche della meccanica della frattura e della fatica e sottolineati i possibili interventi progettuali sui componenti e sulla scelta dei materiali per evitare cedimenti in opera. Vengono inoltre analizzati vari metodi di controllo non distruttivo dei componenti.

**REQUISITI**

Scienza delle costruzioni, Tecnologia dei materiali metallici

**PROGRAMMA****I MODULO: MECCANICA DELLA FRATTURA LINEARE ELASTICA**

Impegno (ore)    lezione: 32    esercitazione: 12    laboratorio: 4

1. Richiami sullo stato di tensione, di deformazione e sulle ipotesi di rottura, modalità di cedimento dei materiali, frattografia
2. Fattori di concentrazione delle tensioni in campo elastico
3. Meccanica della frattura lineare elastica: approccio energetico, tasso di rilascio energetico (G); descrizione del campo di tensione e di deformazione all'apice di una cricca; fattore di intensità delle tensioni; deformazioni plastiche all'apice di una cricca
4. Prove di tenacità alla frattura secondo le normative, fattori che influenzano la tenacità alla frattura; tenacità alla frattura di diversi materiali anche in funzione dei trattamenti termici e alle tecnologie di produzione.
5. Cenni di tenso-corrosione

**ESERCITAZIONI**

Verifica statica di componenti. Applicazioni della meccanica della frattura lineare elastica in campo statico. Frattografia e morfologia delle fratture

**LABORATORI**

Microscopia ottica e elettronica. Determinazione della tenacità alla frattura ( $K_{Ic}$  e  $J_{Ic}$ ).  
Controlli non distruttivi.

**II MODULO: MECCANICA DELLA FRATTURA ELASTOPLASTICA**

Impegno (ore)    lezione: 10    esercitazione: 6    laboratorio: 2

1. Fattori di concentrazione in campo plastico; regola di Neuber.
2. Arrotondamento all'apice di una cricca (COD-CTOD),
3. Curve di resistenza (curve R)
4. Integrale J
5. Meccanica della frattura elastoplastica

## ESERCITAZIONI

Verifiche contro il collasso plastico- Applicazione della regola di Neuber- valutazione delle tensioni residue- Applicazioni della meccanica della frattura elastoplastica

## LABORATORIO

Determinazione della tenacità alla frattura ( $J_{Ic}$ ).

### III MODULO: FATICA DEI MATERIALI E CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

Impegno (ore) lezione: 24 esercitazione: 10 laboratorio: 4

1. Approccio alla fatica con la meccanica della frattura; legge di Paris, il fenomeno del ritardo. Aspetti micro e macroscopici della fatica. Corrosione -fatica
2. Fatica ad alto numero di cicli: diagrammi SNP, metodi di determinazione delle curve di fatica, fattori che influenzano la vita a fatica, effetto degli intagli, effetto delle tensioni medie e diagrammi di fatica; fatica con carichi di ampiezza variabile: ipotesi di danneggiamento cumulativo
3. Fatica oligociclica e approcci a due stadi: Equazione di Manson Coffin
4. Fatica multiassiale: approcci classici e approcci tipo piano critico.
5. Controlli non distruttivi e catalogazione dei difetti

## ESERCITAZIONI

Applicazioni della legge di Paris. Verifiche a fatica. Esempi di applicazione dell'approccio a due stadi. Frattografia delle superfici di fatica

## BIBLIOGRAFIA

Dispense fornite dai docenti. Eventuali testi di approfondimento verranno segnalati dai docenti durante il corso.

## ESAME

L'esame consiste in una prova orale.

## **P3280 MECCANICA DEI ROBOT**

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore sett.):	lezioni: 6	esercitazioni: 4
Docente:	<b>Ario ROMITI</b>	(collab.: <b>Andrea MANUELLO BERTETTO</b> )

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso affronta tematiche tipiche della progettazione e della caratterizzazione di robot. Sono studiati sia robot industriali tipici che speciali per applicazioni avanzate, offrendo un inquadramento delle tematiche caratteristiche di manipolatori su applicazioni effettive.

### **REQUISITI**

Il corso è interdisciplinare e affronta in modo approfondito tematica proprie della Meccanica. Sono richieste le nozioni dell'Analisi, della Geometria della Meccanica Razionale e della Meccanica Applicata.

### **PROGRAMMA**

#### *Introduzione al corso e tipologie di robot [8 ore]*

Tipologie di robot industriali; classificazione delle strutture meccaniche; applicazioni: robot di montaggio, manipolazione, saldatura, verniciatura. Robot speciali: robot mobili, per applicazioni mediche, spaziali, minerarie, oceaniche, nucleari.

#### *Cinematica dei robot [16 ore]*

Cinematica dei robot: metodi per la descrizione del posizionamento e dell'orientamento di un corpo nello spazio mediante vettori e matrici. Trasformazioni cinematiche nello spazio: traslazioni, rotazioni, trasformazioni omogenee. Angoli di Eulero, formula di Rodriguez. Metodo di Denavit-Hartenberg [vers. Craig] per la descrizione del posizionamento relativo tra gli elementi di un robot. Espressioni ricorsive delle velocità e delle accelerazioni dei giunti e degli elementi di un robot. Determinazione della matrice Jacobiana. Analisi cinematica inversa di strutture con polsi monocentrici.

#### *Statica e dinamica dei manipolatori [16 ore]*

Statica dei manipolatori: equazioni di equilibrio, principio dei lavori virtuali. Dinamica dei manipolatori. Azioni d'inerzia su un corpo rigido nello spazio. Equazioni di Newton-Eulero, equazioni di Lagrange.

#### *Polsi e riduttori per robotica [16 ore]*

Tipologie e schemi funzionali e realizzativi di polsi per robot a due e tre gradi di libertà. Analisi cinematica dei polsi. Metodo di definizione del livello di degenerazione. Sistemi per la trasmissione e la trasformazione del moto. Trasmissioni con flessibili, con alberi coassiali, a parallelogramma. Riduttori epicicloidali. Riduttori speciali: Harmonic Drive, articolati [Redax, Cyclo], Teijin-Seiki. Sistemi di presa e manipolazione per robot: tipologie, schemi funzionali e realizzativi, metodi di analisi e di progetto.

#### *Traiettorie e controllo di manipolatori [40 ore]*

Traiettorie del moto di manipolatori. Traiettorie nello spazio dei giunti e nello spazio cartesiano. Punti virtuali lungo la traiettoria. Traiettorie di raccordo con rotazioni coniche. Valutazione degli errori di posizionamento. Oscillazioni di un manipolatore per diversi tipi di traiettorie. Valutazione della frequenza fondamentale. Valutazione del massimo overshoot con diverse leggi di comando.

Controllo dei robot. Leggi del moto e dell'asservimento. Schema del controllo. Controllo nello spazio dei giunti. Scelta dei parametri delle matrici di guadagno proporzionale, derivativa e integrativa. Controllo nello spazio cartesiano.

## Azionamenti per robot [20 ore]

Azionamenti per robot: elettrici, idraulici, pneumatici. Motori elettrici a corrente continua, a magneti permanenti, brushless, motori a passo. Caratteristiche meccanica. Caratteristiche elettrodinamiche di motori a c.c.. Modellazione dinamica di servozionamenti elettrici per controllo di velocità e di posizione.

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Vengono messi a disposizione degli studenti, divisi in diverse squadre di non più di cinque persone, appositi banchi prova per lo svolgimento di esperienze di laboratorio sui seguenti argomenti: sensori particolari per robotica [sensori di pressione, sensori tattili di forza di contatto nella presa di oggetti in mani robotizzate]; manipolatori innovativi a tre gradi di libertà [caratterizzazione sperimentale dello spazio di lavoro]; trasduttori di posizione e velocità per attuatori flessibili [caratterizzazione del campo di misura]; attuatori innovativi ad elevata forza di attuazione; caratterizzazione di riduttori di velocità per robotica [ordinario, a vite, epicicloidali].

Le esperienze di laboratorio vengono svolte personalmente dagli studenti seguiti dai docenti e dai coadiutori.

## BIBLIOGRAFIA

- A. Romiti, *Cinematica E Dinamica Dei Robot*, [dispense del corso].
- ✓ King-Sun Fu, R.C. Gonzalez, C.S. George Lee, *Robotica*, Mc Graw - Hill
- E.I. Rivin, *Mechanical Design Of Robots*, Mc Graw - Hill
- ✓ R. Paul, *Robot Manipulators*, M.I.T. Press.
- ✓ J. Craig, *Introduction To Robotics Mechanics And Control*, Addison Wesley.
- ✓ Mackerrow, *Introduction To Robotics*, Addison Wesley.

## ESAME

L'esame viene svolto oralmente

Anno: 4  
Docente:Periodo: 2  
da nominare**PROGRAMMA****I MODULO: FORZE AGENTI SUL VEICOLO (2 ECTS)**

Introduzione al corso

Sistemi di riferimento per il veicolo e per il pneumatico. Il pneumatico come organo deformabile: rigidità, raggio di rotolamento. Resistenza di rotolamento. Forze scambiate tra ruota e suolo in direzione longitudinale. Scorrimento del pneumatico. Forze scambiate tra ruota e suolo in direzione trasversale. Interazione tra forze trasversali e longitudinali.

Modelli empirici per la previsione delle forze scambiate tra ruota e suolo. Comportamento dinamico del pneumatico. Prove sui pneumatici.

Forze e momenti aerodinamici. Resistenza aerodinamica. Campo di moto intorno al veicolo. Forme idonee a ridurre la resistenza aerodinamica dei veicoli.

**II MODULO: COMPORTAMENTO DINAMICO DEL VEICOLO (6 ECTS)****Veicolo rigido**

Controllo della traiettoria degli autoveicoli. Sterzata cinematica. Trattazione semplificata del moto in curva: fattore di slittamento e di ribaltamento. Modello a tre gradi di libertà per il comportamento direzionale del veicolo. Equazioni del moto. Comportamento direzionale del veicolo. Veicoli sovrasterzanti e sottosterzanti. Stabilità direzionale a comandi liberi e bloccati. Risposta a forze ed a momenti esterni. Risposta direzionale del veicolo nel moto vario. Veicoli a più assi e veicoli a sterzata integrale. Comportamento direzionale dei veicoli articolati e con rimorchio. Rimorchi e semirimorchi con assi sterzanti. Modelli semilinearizzati e nonlineari per il comportamento direzionale degli autoveicoli. Interazione veicolo guidatore; modelli di guidatore.

**Veicolo su sospensioni elastiche**

Modelli di veicoli su sospensioni elastiche. Modello a dieci gradi di libertà per il veicolo isolato a due assi. Disaccoppiamento tra comportamento direzionale e moti di sospensione. Comportamento direzionale del veicolo su sospensioni elastiche. Monosospensione ad un grado di libertà. Valutazione dello smorzamento ottimo. Monosospensione a due gradi di libertà. Cenni sulle sospensioni attive e controllate. Sospensioni con smorzatore dinamico. Modelli a molti gradi di libertà. Moti di rollio e di beccheggio, barre antirollio. Eccitazione da strada. Effetto delle vibrazioni sull'uomo. Interazione tra comportamento direzionale (handling) e comfort degli autoveicoli: considerazioni teoriche e risultati sperimentali.

**Calcolo delle prestazioni di un autoveicolo**

**Esercitazioni** Calcolo della potenza necessaria al moto. Calcolo della potenza trasmissibile in funzione della velocità. Calcolo della massima velocità raggiungibile e scelta dei rapporti di trasmissione. Simulazione dell'avviamento del veicolo. Massa apparente traslante. Calcolo della curva di ripresa. Calcolo del consumo chilometrico. Frenatura ideale. Frenatura in condizioni reali. Correttore di frenata. Moto in curva a regime del veicolo. Modello nonlineare semplificato. Simulazione di una manovra (ingresso in curva oppure sorpasso).

Anno: 5	Periodo: 1		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6	esercitazioni: 4	laboratori: 2
Docente:	<b>Bruno PIOMBO</b>		

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di fornire la visione più ampia possibile delle tematiche relative alla meccanica delle vibrazioni, considerando inoltre come parte integrante della materia l'identificazione e l'analisi sperimentale delle strutture vibranti.

L'analisi dei segnali e la loro elaborazione sono perciò trattate sia a livello teorico che applicativo per comprendere ed utilizzare correttamente le strumentazioni tipiche dell'analisi modale. Sono proposti infine alcuni metodi sull'analisi e l'identificazione di sistemi non lineari.

### **REQUISITI**

Meccanica Applicata

### **PROGRAMMA**

- Generalità sulle equazioni differenziali per la dinamica - Sistemi a Singolo grado di libertà senza smorzamento, con smorzamento viscoso e con smorzamento isteretico - Piano delle fasi - Stabilità - Funzioni risposta in frequenza e rappresentazioni - Energie di dissipazione [15 ore]
- Sistemi a più gradi di libertà - Disaccoppiamento delle equazioni - Coordinate modali - Autovalori e deformate dinamiche - Applicazione ai casi di smorzamenti viscoso e isteretico, proporzionale e non - Metodi di soluzione [25 ore]
- Classificazione dei segnali - Trasformata di Fourier - Realizzazione digitale delle acquisizioni di segnali - Convoluzione, correlazione, auto e cross-spettri - Statistica dei segnali - Problemi e caratteristiche della strumentazione - Misure su strutture vibranti reali - Estrazione dei parametri modali dalle misure dinamiche [25 ore]
- Sistemi continui - Smorzamento di strutture semplici - Modelli reologici di smorzamento e caratterizzazione dei materiali viscoelastici - Identificazione di strutture non lineari e tecniche matematiche relative [15 ore]

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Alcune esercitazioni si svolgono in aula su esercizi propedeutici all'applicazione della teoria; altre utilizzano il calcolatore per la simulazione di sistemi vibranti, il trattamento dei segnali e l'estrazione dei parametri; altre ancora si svolgono in laboratorio per mostrare la strumentazione, assimilare la tecnica di acquisizione dei segnali e la strutturazione della catena di misura [40 ore]

### **BIBLIOGRAFIA**

- ✓ Jacazio G., Piombo B., "Meccanica Applicata alle Macchine, Vol IV: "Meccanica delle Vibrazioni", Levrotto & Bella, Torino, 1997
- ✓ Meirovitch, L.: "Elements of Vibration Analysis", McGraw-Hill Inc, 1975
- TESTI AUSILIARI:
  - Tse F.S., Morse I.E., Hinkle R.T., "Mechanical Vibrations - theory and applications", Allan and Bacon Inc, 1978
  - ✓ Ewins D.J., "Modal Testing: Theory and Practice", research Studies Press Ltd., 1984

Brook D., Wynne R.J., "Signal Processing - principles and applications", Edward Arnold, Great Britain, 1988

OUT OF PRINT

Bendat J.S., Piersol A.G., "Random Data: Analysis and Measurements Procedures", 2nd ed., Wiley-Interscience, New York, 1986

Blevins R.D., "Formulas for Natural Frequency and Mode Shape", Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1979 (2 copie)

## ESAME

L'esame si svolge oralmente

## **P3370**      **MECCANICA RAZIONALE**

Anno: 2

Periodo: 2

Impegno (ore sett.)

lezioni: 6

esercitazioni: 4

Docenti:

**Eugenia LONGO, M. Grazia ZAVATTARO**

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

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

### **REQUISITI**

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

### **PROGRAMMA**

#### *Calcolo vettoriale e tensoriale. [6 ore]*

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

#### *Cinematica del moto rigido. [14 ore]*

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

#### *Cinematica dei continui. [4 ore]*

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

#### *Geometria delle masse. [8 ore]*

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

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

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

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

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

### **Meccanica dei sistemi olonomi. [8 ore]**

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

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

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

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Agli studenti sono proposti esercizi e problemi applicativi sui seguenti argomenti: Cinematica del punto e del corpo rigido. [12 ore]

Sistemi di vettori applicati e riduzione delle forze d'inerzia. [4 ore]

Problemi di statica e dinamica con calcolo di reazioni vincolari. [10 ore]

Principio dei lavori virtuali; conservazione dell'energia. [4 ore]

Equazioni di Lagrange. [6 ore]

Dinamica e statica relativa. [4 ore]

Stabilità di configurazioni di equilibrio, linearizzazione delle equazioni del moto e frequenze proprie di vibrazione. [8 ore]

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

### **BIBLIOGRAFIA**

Testi di riferimento:

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

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

Testi ausiliari:

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

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

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

### **ESAME**

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

Anno: 4

Impegno (ore)

Docente:

Periodo: 2

lezione: 4

esercitazione: 2

laboratorio: 2

**Luigi PREZIOSI** (Dip. Matematica, tel. 564.7531;

e-mail: PREZIOSI@polito.it);

## **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso ha come finalita' principale quella di contribuire ad una solida formazione culturale nel campo della meccanica teorica, fornendo quelle metodologie fisico-matematiche utili per la modellizzazione e lo studio di sistemi meccanici.

Le conoscenze acquisite vengono applicate dagli studenti allo studio di specifici problemi meccanici concordati con la **Direzione Veicoli del "Centro Ricerche FIAT"** sviluppandone il modello matematico di simulazione che verra' implementato e validato con l'ausilio di opportuni metodi matematici, dati sperimentali e programmi di calcolo consolidati.

Il corso stesso si avvale della collaborazione diretta della **Direzione Veicoli del "Centro Ricerche FIAT"** che oltre a contribuire con una testimonianza aziendale in aula collaborera' alla definizione ed allo svolgimento degli elaborati finali.

## **REQUISITI**

Analisi Matematica I e II

## **PROGRAMMA**

### **I MODULO: VIBRAZIONI MECCANICHE NON LINEARI**

Il ciclo della modellizzazione - Modelli discreti e modelli continui - Richiami di meccanica analitica - Molle ed ammortizzatori nonlineari - Molle con arresto e con gioco - Modelli nonlineari di sospensioni automobilistiche - Eccitazione per spostamento di vincolo - Isolamento dalle vibrazioni - Ammortizzatori di Den-Hartog e di Lanchester - Modellizzazione di un'autovettura su strada - Metodi perturbativi per sistemi nonlineari Equazioni di Lienard - Richiami di cinematica e meccanica dei continui - Equazioni costitutive di tipo differenziale - Modelli molla-ammortizzatore in meccanica dei solidi e dei fluidi - Equazioni costitutive di tipo integrale - Equazioni costitutive nonlineari - Vibrazioni longitudinali, torsionali e flessionali delle travi - Vibrazione di membrane e piastre -

### **II MODULO: STABILITA' E BIFORCAZIONE**

Configurazioni di equilibrio - Concetto di stabilita' - Stabilita' lineare - Stabilita' nonlineare - Applicazione a sistemi meccanici governati dalle equazioni di Lienard, di Duffing e di Mathieu - Diagrammi di biforcazione - Biforcazione a forchetta, supercritica e subcritica - *Turning points* e cicli di isteresi - Sistemi meccanici con isteresi - Biforcazione con rottura della simmetria - *Cusp catastrophe* - Modellizzazione della biomeccanica del cuore - Esistenza di cicli limite - Cicli generati da frizione Coulombiana - Cicli in sistemi eccitati impulsivamente - Biforcazione alla Hopf - Stabilita' di cicli limite - Generazione *soft* ed *hard* di cicli limite - Sistemi meccanici e biomeccanici con biforcazione alla Hopf: propagazione di segnali nervosi, *line galloping*, *flutter instability* - Sistemi riconducibili alle equazioni di Van der Pol - Stabilizzazione di sistemi autoeccitati - Problema del *wheel shimmy* - Transizione al caos - Diagrammi stroboscopici e di Poincare' - Attrattore di Lorentz - Equazione di Duffing e di Van der Pol con forzante periodica.

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ S. Nocilla, "Lezioni di Meccanica Superiore per Ingegneri", Levrotto e Bella, (1996).
- ✓ N. Bellomo e L. Preziosi, "Modelling, Mathematical Methods and Scientific Computing", CRC Press (1995).

Fotocopie di articoli inerenti i modelli da sviluppare e studiare nella parte esercitativa in aula e nella tesina verranno distribuite durante il corso.

## ESAME

Si richiederà agli studenti come parte sostanziale dell'esame finale la compilazione di una tesina di carattere applicativo che usi le metodologie esposte nel corso allo sviluppo ed allo studio di modelli specifici.

Il programma di esercitazioni in aula verterà, quindi, ulteriormente sviluppato a seconda degli indirizzi e degli interessi specifici degli studenti frequentanti.



Effetto dei disturbi e metodi per eliminarne gli effetti. (ore 4)  
Applicazioni delle tecniche di controllo analogico e digitale nei sistemi meccatronici.  
Problematiche di acquisizione di segnali analogici, di conversione A/D e D/A e di comunicazione digitale. (ore 4)  
Esempi di applicazioni industriali di sistemi meccatronici. (ore 2)

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

E' previsto lo sviluppo di esercitazioni in supporto agli argomenti sviluppati a lezione. Gli studenti sono suddivisi in squadre, che si alternano nello svolgimento delle esercitazioni sperimentali e numeriche in 13 pomeriggi. All'esame finale viene presentata da ogni coppia di studenti una relazione sulle attività svolte nelle esercitazioni, in cui sono riportati gli obiettivi, le metodologie, le principali caratteristiche dei componenti usati, i risultati sperimentali acquisiti, i modelli MATLAB, i risultati numerici.

**Esercitazioni sperimentali:** sono svolte esercitazioni sperimentali in cui vengono analizzati e valutati sia singoli componenti di trasduzione, sia sistemi completi di controllo. Nello svolgimento pratico delle esercitazioni sono acquisiti i segnali derivanti dalle prove condotte. Temi: sensore di forza a sei assi di misura, sensori di posizione resistivi e LVDT, sensori di pressione e di forza, dispositivo di controllo pressione in serbatoio, attuatore pneumatico con controllo di posizione, sistema di montaggio e identificazione, servosistema idraulico.

**Esercitazioni numeriche:** Sono svolte esercitazioni numeriche presso il LAIB. Nelle prime esercitazioni viene richiamato il linguaggio MATLAB e vengono modellizzati e simulati tipici comportamenti di sistemi meccanici. Vengono nelle esercitazioni successive modellizzati i sistemi provati durante le esercitazioni sperimentali, ne viene simulato il funzionamento e vengono confrontati i rilievi sperimentali e numerici.

## BIBLIOGRAFIA

- ~ Sorli M., Quaglia G.: "Appunti di Meccatronica - vol.I" in preparazione (3 copie)
- ✓ Sorli M., Quaglia G.: "Applicazioni di Meccatronica", CLUT Editrice Torino, aprile 1996.
- ✓ Jacazio G., Piombo B.: "Meccanica Applicata alle Macchine - vol.III Regolazione e servomeccanismi", Levrotto & Bella, Torino, 1994.
- ✓ E.O.Doebelin "Measurement systems" McGraw Hill  
Documentazione fornita dal docente.

## ESAME

L'esame viene svolto in forma orale sui contenuti del programma delle lezioni e delle esercitazioni. Viene dato un peso significativo ai contenuti della relazione sulle esercitazioni condotte e alla discussione degli stessi.

Anno: 5                      Periodo: 2  
Docente:                    da nominare

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di approfondire le conoscenze sul comportamento dei materiali, illustrando concetti non trattati o solamente accennati e presentando tipologie di materiali e trattamenti non esposti in precedenti corsi. In particolare vengono sviluppati i principi fondamentali del comportamento dei materiali in riferimento alle loro caratteristiche meccaniche. Vengono presi in esame nuove classi di acciai e trattamenti termici e termochimici innovativi. Viene inoltre valutato il comportamento meccanico di materiali metalloceramici e metallici rinforzati.

### **PROGRAMMA**

#### **I MODULO**

##### ***Trattamenti termici (6 ore)***

Principi teorici delle trasformazioni di fase allo stato solido

Trasformazioni omogenee ed eterogenee. Trasformazioni atermiche ed attivate termicamente con crescita attivata dai fenomeni di interfaccia e con crescita attivata dalla diffusione.

Nucleazione senza cambiamento di composizione e con cambiamento di composizione.

Crescita attivata termicamente senza cambiamento di composizione e con cambiamento di composizione. Cinetica globale delle trasformazioni attivate termicamente.

Precipitazione: precipitazione continua e discontinua. Formazione di zone e precipitati coerenti.

Riflessi pratici: reazioni eutetoidi, decomposizione dell'austenite ad alta temperatura con formazione di perlite. trasformazione dell'austenite a bassa temperatura. trasformazioni austenite - martensite ed austenite - bainite. Costruzione dei diagrammi TTT e CCT. Leghe di alluminio

sottoposte ad invecchiamento

##### ***Acciai ad elevata resistenza (4 ore)***

Acciai rinvenuti a bassa temperatura

Acciai con indurimento secondario

Trattamenti termomeccanici a bassa ed alta temperatura

Trattamenti di rapida austenitizzazione

Acciai maraging

Relazioni tra proprietà meccaniche e struttura negli acciai ad elevata resistenza.

Cenni su tecniche avanzate di elaborazione e colata degli acciai speciali (processi PAM, VIM, ESR, VAR, EBR)

##### ***Acciai bainitici (2 ore)***

Acciai bainitici a basso tenore di carbonio

Scelta ed influenza degli elementi leganti

Proprietà meccaniche generali degli acciai bainitici a basso tenore di carbonio

Acciai bainitici ad alto tenore di carbonio

##### ***Acciai a basso tenore di carbonio (2 ore)***

Acciai da stampaggio a freddo: relazione tra tessitura cristallografica e anisotropia plastica.

Effetto dell'alluminio e del titanio

Acciai basso legati ad elevato limite di snervamento

##### ***Trattamenti non convenzionali di indurimento superficiale (5 ore)***

Trattamenti in bassa pressione e mediante plasma.

Sputtering, thermal spray coating, cvd, pvd, ion plating

### **Usura dei materiali (5 ore)**

Principali meccanismi di usura

Usura di acciai per lavorazioni a caldo e a freddo, usura di acciai cementati ed ipercementati, usura di acciai nitrurati, osservazioni di superfici usurate

### **Corrosione dei metalli (5 ore)**

Teoria ed aspetti fondamentali

Corrosione ad umido, aspetti termodinamici e cinetici, fattori influenzanti la velocità di corrosione, forme di corrosione.

Corrosione secca

Metodi di protezione dalla corrosione, scelta dei materiali e dei rivestimenti, rivestimenti metallici, organici ed inorganici. Inibitori di corrosione anodici e catodici Protezione elettrica

### **Acciai inossidabili (7 ore)**

Acciai inossidabili ferritici, austenitici, martensitici, duplex.

Proprietà, caratteristiche e trattamenti termici.

Acciai inossidabili per valvole

### **Titanio e leghe di titanio (2 ore)**

Leghe alfa, alfa+beta, beta, caratteristiche, modalità di fabbricazione e di impiego

### **Magnesio e leghe di magnesio (2 ore)**

Leghe magnesio alluminio, magnesio alluminio zinco, magnesio alluminio cadmio, magnesio alluminio argento, magnesio rame, magnesio rame alluminio.

Proprietà ed impiego

## **II MODULO**

### **Metodologie di indagine (12 ore)**

Quantometro e fluorescenza: principio di funzionamento ed esempi di analisi Microanalisi con microsonda: principio di funzionamento ed esempi di analisi

Metodi diffrattometrici per l'analisi delle fasi, austenite residua e tensioni residue: principio di funzionamento ed esempi di analisi

### **Sinterizzazione di leghe metalliche (10 ore)**

Tipologia di leghe, produzione di poveri metalliche, miscelazione, pressatura, sinterizzazione e meccanismi di agglomerazione.

Influenza della composizione chimica sulle caratteristiche morfologiche e meccaniche delle diverse leghe

Influenza della forma del componente e della porosità

Trattamenti termici e termochimici

Lavorazioni successive ed impregnazione, vantaggi economici e confronti con altre tecnologie produttive.

### **Leghe per alta temperatura (8 ore)**

Condizioni di esercizio a scorrimento viscoso a caldo, meccanica del creep, creep-fatica e creep-frattura, metallurgia delle leghe per alta temperatura, calcolo della vita a creep di componenti industriali, metodi di calcolo TUV e API

### **Materiali metalloceramici (5 ore)**

Metalloceramici, struttura ed applicazioni, resistenza statica, tenacità, resistenza a fatica, all'usura, caratteristiche fisiche e meccaniche alle alte temperature

### **Materiali metallici rinforzati (5 ore)**

Micromeccanica dei materiali eterogenei, effetto di dimensioni, morfologia e distribuzione del rinforzo, caratteristiche meccaniche dei compositi a matrice metallica, caratteristiche dei compositi a matrice ceramica e polimerica, materiali rinforzati con fibre, criteri di scelta ed applicazioni dei materiali rinforzati

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Crediti: 1

Osservazioni metallografiche di superfici sottoposte a trattamenti termici e termochimici innovativi

Analisi con microsonda

Analisi roentgenografica per la determinazione di tensioni residue

Visita a stabilimento di trattamenti termici convenzionali

Visita a stabilimento di ricoprimenti in plasma

Visita a stabilimento di ricoprimenti in bassa pressione

## **BIBLIOGRAFIA**

A. Burdese "Metallurgia e tecnologia dei materiali metallici", ed. UTET Torino.

W. Kurz, J.P. Mercier e G. Zambelli: "Introduzione alla Scienza dei Materiali", ed. Hoepli, Milano, 1994.

X. François, A. Pineau, A. Zaoui, "Comportement mécanique des matériaux" ed. Hermes, Parigi.

Alcuni argomenti verranno integrati da dispense fornite dai Docenti del corso.

## **ESAME**

Orale

SER. VAR. EBIO

Anno: 4

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni: 70

esercitazioni: 16

laboratori: 6

Docente:

**Bruno DE BENEDETTI** (collab.: **Giovanni MAIZZA**)**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Si tratta di una disciplina, didatticamente autonoma, propedeutica fondamentale per l'indirizzo metallurgico del corso di laurea in Ingegneria chimica e per l'indirizzo metallurgico del corso di laurea in Ingegneria meccanica.

Tratta di struttura, proprietà, comportamento fisico-meccanico dei metalli, argomento appena sfiorati nei due corsi paralleli a carattere tecnologico e strettamente applicativo di *Tecnologia dei materiali metallici* e di *Metallurgia*.

**REQUISITI**

Le nozioni propedeutiche impartite nel corso di *Tecnologia dei materiali e chimica applicata*.

**PROGRAMMA**

- Struttura cristallina dei metalli; principali tipi di reticolo cristallino; natura del legame metallico. Difetti nei metalli: vacanze, dislocazioni, bordi di grano, difetti di impilamento. [12 ore]
- Leghe metalliche; soluzioni solide sostituzionali e interstiziali; fasi di Hume-Rothery e di Laves; soluzioni solide ordinate. Richiami di termodinamica delle leghe metalliche e diagrammi di stato binari. [8 ore]
- Solidificazione dei metalli; fenomeni di nucleazione e crescita; solidificazione dendritica; fenomeni di segregazione; omogeneizzazione. Ricottura dei materiali metallici deformati a freddo: *recovery*, ricristallizzazione, crescita dei grani, ricristallizzazione secondaria. Fenomeni di indurimento per precipitazione: solubilizzazione, invecchiamento, nucleazione e crescita dei precipitati. [22 ore]
- Diffusione nelle soluzioni solide sostituzionali; prima e seconda legge di Fick; prima e seconda legge di Darken; determinazione dei coefficienti di diffusione; autodiffusione nei metalli puri; diffusione interstiziale. [8 ore]
- Deformazioni plastiche a temperature elevate per scorrimento sotto carichi costanti. [8 ore]
- Deformazione con geminazione; nucleazione e crescita dei geminati. Trasformazioni martensitiche; influenza delle sollecitazioni meccaniche sulla stabilità della martensite; trasformazioni bainitiche e perlitiche. [12 ore]

**LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Calcoli roentgenografici: scelta dell'antcatodo; calcolo delle costanti reticolari; indicizzazione di un diffrattogramma; calcolo dei coefficienti di diffusione. [16 ore]

Partecipazione a misure diffrattometriche su apparecchiature a goniometro verticale e orizzontale. [6 ore]

**BIBLIOGRAFIA**

✓ R.E. Reed, *Physical metallurgy principles*, Van Nostrand, New York, 1977.

✓ P. Brozzo, *Struttura e proprietà meccaniche dei materiali metallici*, ECIG, Genova, 1979. (3 copie)

**ESAME**

È previsto un solo accertamento finale tramite un colloquio orale. Il calendario viene stabilito in occasione di ogni appello in modo da favorire la massima flessibilità delle prove nel rispetto delle regole di Facoltà.

# P3500 METODI PROBABILISTICI, STATISTICI E PROCESSI STOCASTICI

Anno: 4,5

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni: 80

esercitazioni: 40

laboratori: 2

Docente:

**Grazia VICARIO**

## PRESENTAZIONE DEL CORSO

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 I, Geometria (Gestionali), Analisi Matematica II (altri corsi di laurea)

## PROGRAMMA

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

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

**Statistica descrittiva** . Concetti di popolazione, campione e metodi di campionamento, distribuzioni sperimentali (classi e rappresentazioni grafiche), misure di tendenza centrale e di dispersione, metodi grafici, GPN e suo impiego diagnostico, presentazione di un Package statistico

**Distribuzioni congiunte** . 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

**Inferenza statistica** . 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 logiche di un test di ipotesi, tipi di errori e loro controllo, livello e test di significatività, curve caratteristiche operative e loro uso, test riguardanti le medie, le proporzioni, la varianza e confronto fra due o più varianze

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

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

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

**Cenni sulla Progettazione degli esperimenti** . Interdipendenza tra criteri di analisi dei risultati e criteri di pianificazione delle prove, esperimenti fattoriali, effetti principali e interazioni, blocchi e frazionamenti e loro implicazioni

## BIBLIOGRAFIA

Testi Consigliati:

- ✓ Grazia Vicario, Raffaello Levi (1997), *Calcolo delle Probabilità e Statistica per Ingegneri*, Casa Editrice Esculapio, Bologna.

## ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed una orale, che devono essere sostenute nello stesso appello (eccezionalmente nella seconda sessione ordinaria, periodo di valutazione "naturale" per il corso di Metodi Probabilistici, Statistici e Processi Stocastici 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 27/30.

Lo studente che desidera presentarsi alla prova scritta deve prenotarsi, 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 soltanto le macchine calcolatrici; è vietato consultare gli appunti del corso e/o il libro di testo; le tavole, ove necessarie, verranno fornite in aula dalla docente.

Non è consentito uscire dall'aula per nessuna ragione nel corso della prima ora. 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.

Anno: 4	Periodo: 1		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 4	esercitazioni: 2	laboratori: 2(4)
Docente:	<b>Giulio BARBATO</b> (collab.: <b>Fiorenzo FRANCESCHINI</b> )		

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso di Metrologia generale meccanica fornisce la metodologia generale per la gestione delle misure e prove con particolare attenzione alle necessità dei Sistemi Qualità. È volto a colmare un settore generalmente fragile dei Sistemi Qualità, come indicato in una statistica di fonte UNI-SINCERT che indicava nelle carenze di gestione delle attività di misura una delle più frequenti cause di fallimento dei Sistemi Qualità. Per coprire tali carenze verranno presentate le metodologie largamente accettate a livello internazionale, una informazione di base sulle caratteristiche degli strumenti di misura ed infine un'informazione specifica su strumenti e metodi nelle misure meccaniche.

### **REQUISITI**

Il corso di Metrologia non richiede conoscenze oltre a quelle generali fornite nel biennio. Possono essere, tuttavia, utili conoscenze di base di *Scienza delle Costruzioni*, *Meccanica Applicata* ed *Elettrotecnica Generale*.

### **PROGRAMMA**

Il corso si divide in tre parti: la prima riguarda le applicazioni della metrologia generale richieste per la gestione di Sistemi Qualità, la seconda la descrizione generale delle principali caratteristiche di strumenti di misura, la terza descrive strumenti e metodi specifici di misure meccaniche.

La metrologia generale per i Sistemi Qualità

Verranno descritte, discusse ed applicate le metodologie prescritte dalle principali norme riguardanti i Sistemi Qualità, in particolare come ottemperare alle richieste di valutazione delle incertezze di misura, di riferibilità ai campioni nazionali e di uso del Sistema SI contenute nelle norme della serie ISO 9000, alle richieste di conferma metrologica degli strumenti di misura (UNI EN 30012) ed all'interazione tra tolleranze ed incertezze (ISO/DIS 14253-1). Il corso verte a fornire concretamente i metodi sopra citati, fornendo anche gli elementi di statistica necessari nei limiti e nell'applicazione pratica necessaria per giungere ai risultati richiesti.

Le metodologie sopra descritte saranno, inoltre, applicate mediante utili esempi, riguardanti la misura delle caratteristiche dei materiali e all'organizzazione di complessi di misura nell'ottica di determinare come giungere all'obiettivo prefisso (livello di incertezza accettabile) con il minimo costo, quindi in un'ottica prettamente ingegneristica.

Le caratteristiche generali degli strumenti di misura

Vengono fornite le nozioni fondamentali e generali riguardanti strumenti e complessi (strumenti connessi, ambiente ecc.) di misura che consentono di definirne le condizioni previste di funzionamento, la compatibilità, la praticità d'uso ed i punti critici, in modo da fornire una guida per la scelta della strumentazione più adeguata ed un suo controllo efficiente, cioè limitato alle caratteristiche di volta in volta utilizzate.

Gli strumenti ed i metodi specifici per le misure meccaniche

Questa parte del corso rappresenta, da un lato, un utile approfondimento mediante l'applicazione dei concetti visti precedentemente ad un settore specifico, che riguarda i trasduttori e gli strumenti di misura per misure dimensionali, di massa, di forza e durezza (con applicazioni alla misura delle caratteristiche dei materiali), di pressione, di deformazione ed accenni alle misure di temperatura, sempre limitatamente alle principali caratteristiche e condizioni d'uso.

Particolare attenzione è posta sui metodi del settore dell'analisi delle sollecitazioni, in modo da descrivere i metodi più semplici e più utili per la verifica di modelli, strutture e prototipi. Saranno descritti ed utilizzati gli estensimetri elettrici a resistenza, ed adeguata esemplificazione sarà data su vari metodi a tutto campo, che consentono una visione globale dello stato di sollecitazione.

In conclusione possiamo affermare che il corso è rivolto alla trattazione di metodi per i quali l'industria dimostra ampio interesse, poiché costituiscono gli strumenti necessari per il Sistema Qualità sia per quanto riguarda l'organizzazione e la gestione delle attività di misura e prove, sia per affiancare l'attività di progettazione con adeguati riscontri sperimentali.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni di laboratorio sono indirizzate ai seguenti temi:

1. Misure dimensionali eseguite con una macchina di misura a coordinate.
2. Misure di durezza.
3. Verifica della taratura di una macchina di prova materiali
4. Determinazione di alcune caratteristiche metrologiche di un trasduttore.
4. Installazione e controllo di un estensimetro elettrico a resistenza (ER).
6. Determinazione delle deformazioni e sollecitazioni su un albero cavo mediante ER.

## **BIBLIOGRAFIA**

*Testi di riferimento:*

Guida ISO sull'espressione dell'incertezza (UNI CEI 9), 1997

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

*Testi ausiliari:*

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

✓ G. Vicario, R. Levi, *Calcolo delle probabilità e statistica per ingegneri*, Ed Esculapio, Bologna, 1997

~ R. Levi, *Elementi di statistica sperimentale*, RTM, Vico Canavese, 1972. *1 2 copie*

✓ 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).

Durante il corso verranno distribuite monografie su argomenti specifici.

## **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 degli strumenti e metodi di misura ed è impostato sulle altre esercitazioni di laboratorio.

## **P3710 MISURE TERMICHE E REGOLAZIONI**

Anno: 4,5

Periodo: 1

Impegno (ore sett.)

lezione: 4

esercitazione, laboratorio: 2

Docente:

**Antonio Maria BARBERO**

([www.polito.it/corsi/to.mec/P3710/descr.html](http://www.polito.it/corsi/to.mec/P3710/descr.html));

### **PROGRAMMA**

#### **MISURE**

Impegno (ore)

lezione, esercitazione, laboratorio: 40

- Fondamenti delle misure in regime statico.

- Fondamenti delle misure in regime dinamico.

- Descrizione dei principali strumenti per le misure termiche, fondamentali (pressione, temperatura, portata, umidità, titolo di vapore, energia raggiante, etc.).

#### **REGOLAZIONI**

Impegno (ore)

lezione, esercitazione, laboratorio: 20

- Fondamenti della strategia di regolazione.

- Descrizione del funzionamento dei principali regolatori proporzionale (P), integrale (I), derivato (D), regolatori misti (PI, PD, PID, a due posizioni).

#### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Impegno (ore)

lezione, esercitazione, laboratorio: 20

Le esercitazioni sono di carattere applicativo e vengono normalmente sviluppate in laboratorio, con lo scopo di fornire nozioni sull'uso dei principali strumenti di misura.

In particolare, sono trattati i temi riguardanti:

- Misure di temperatura

- Misure di pressione

- Misure di umidità

- Misure di portata

- Sistemi di regolazione

#### **ESAME**

Orale



Relazione fra  $Q$ ,  $\dot{U}_{pdv}$  e  $L_{wm}$ . Secondo principio della termodinamica.

Principio di conservazione dell'energia in forma locale. Applicazione ai moti permanenti e ciclici.

Combustione stazionaria a pressione variabile.

### **Alberi a gomito [circa 8 ore]**

Forze e momenti agenti sul motore alternativo. Utilità dell'equilibramento.

Regularizzazione del momento motore. Uniforme sfasamento delle manovelle, effetto sulla risultante delle forze centrifughe.

Forze d'inerzia: contributi del primo e del secondo ordine. Regole di simmetria.

Disposizione longitudinale delle manovelle per le varie categorie di motori in linea.

Equilibramento di forze o momenti residui con masse su alberi supplementari.

Motori a V: regola della rotazione parziale, conservazione del momento motore, relazione fra le forze d'inerzia di cilindri nello stesso piano trasversale.

Motori stellari e motore "boxer".

Ordine di accensione.

### **Alimentazione dell'aria [circa 10 ore]**

$I_v$  nei motori a 4T: fattori che lo influenzano, fenomeni dinamici, rifiuto, fughe. Influenza degli scambi termici, della temperatura ambiente, delle laminazioni, formula semplificata.

$I_v$  nei motori a 4T: estrapolazioni semplici dei diagrammi sperimentali di  $I_v$ , "gulp factor" (cenni), modelli numerici per il calcolo.

$I_v$  nei motori a 4T: legge di alzata delle valvole, numero di valvole per cilindro.

$I_v$  nei motori a 2T: generalità, schemi di lavaggio, analisi del processo di lavaggio.

$I_v$  ed  $h_v$  nei motori a 2 tempi al variare del coefficiente di lavaggio e del  $I_v$  limite, zone di lavoro degli Otto e dei Diesel.

Motori Otto 2T: particolarità costruttive, ciclo delle pressioni nel carter.

### **Alimentazione del combustibile [circa 18 ore]**

Alimentazione del combustibile nei motori ad accensione comandata:

- Dosature richieste e requisiti generali, problemi di ripresa, dosatura di saturazione e problemi di avviamento a freddo.
- Carburatore elementare, a getto annegato, ad aria antagonista.
- Iniezione nei motori Otto: generalità, classificazione. Confronto fra carburazione e iniezione, fra iniezione diretta e indiretta. Parametri di controllo degli apparati di iniezione per Otto.
- Apparato di iniezione meccanica K-Jetronik.
- Apparati di iniezione elettronica: iniettori usati, alimentazione dell'iniettore.
- Iniettori elettromagnetici: andamento nel tempo delle correnti, metodi per accelerare l'apertura e la chiusura, andamento nel tempo delle masse iniettate. Cenni sulle masse iniettate al variare del tempo di eccitazione ed ai problemi di non linearità.
- Apparato di iniezione elettronica Motronic. Apparato di iniezione elettronica D-Jetronic (cenni).

Alimentazione del combustibile nei motori ad accensione per compressione:

- Problemi di polverizzazione: necessità di iniettori ad apertura automatica e di valvole automatiche sulla mandata della pompa. Necessità di utilizzare la parte centrale della corsa delle pompe di iniezione alternative.
- Sistemi di iniezione meccanica basati sul principio della pompa Bosch.

### **Combustione [circa 18 ore]**

Generalità:

- Velocità di reazione e temperatura di accensione. Formazione dei perossidi. Macchine a compressione rapida e tempi di induzione. Relazione fra tempi di induzione e tempi di accensione in compressioni gradual. Temperatura di accensione. Accensione spontanea: ottimizzazione per una specificata velocità angolare. Combustibili per motori ad accensione comandata e ad accensione per compressione.

Combustione nei motori ad accensione comandata:

- Parametri che influenzano la velocità di propagazione della fiamma.
- Anomalie di combustione: generalità, preaccensione, autoaccensione, rombo (cenni), misfiring (cenni).
- Detonazione: generalità, teoria dell'autoaccensione dell'end-gas e dell'onda esplosiva, danni meccanici ed energetici, distribuzione dell'intensità di detonazione, individuazione dell'incipiente detonazione, controllo dell'anticipo di accensione. Influenza dei parametri geometrici, ambientali, del rapporto di compressione, dei vari parametri di funzionamento, del carburante, degli additivi, della velocità angolare e di più parametri di funzionamento variabili simultaneamente.
- Metodi di misura Research e Motor. Metodo Union Town.
- Metodi di misura non convenzionali dell'intensità di detonazione ad alta velocità angolare a regime costante.
- Richiesta ottanica dei motori.

Combustione nei motori ad accensione per compressione:

- Ritardo all'accensione, andamento delle pressioni, delle masse iniettate e bruciate, parametri che influenzano la ruvidezza, ruvidezza al variare della velocità angolare. Numero di cetano.
- Fumosità, limiti di dosatura, problemi di polverizzazione, diffusione, turbolenza, penetrazione.
- Massima quantità iniettabile; necessità di dispositivi di adeguamento, per la massima velocità angolare e per il regime di minimo (cenni).
- Apparatì di regolazione discontinui e continui (cenni).
- Calcolo della profondità di penetrazione.
- Condizioni da imporre nel dimensionamento dell'apparato di iniezione. Similitudine fra motori Diesel (cenni).
- Iniezione diretta e in precamera e corrispondenti forme della camera di combustione.

#### ***Emissioni di inquinanti [circa 4 ore]***

Effetti nocivi, meccanismi di formazione, influenza dei parametri geometrico-costruttivi e dei parametri di funzionamento.

Legislazione vigente e cicli di prova.

Metodo di abbattimento degli inquinanti: reattori termici, catalizzatori a tre vie, sonda I, EGR, Trappole per il particolato.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

### ***1^ Esercitazione (6 [ ] 8 ore) per gli studenti che abbiano frequentato Macchine.***

Descrizione di un motore alternativo a 4T ad accensione comandata per trazione automobilistica.

Riproporzionamento di massima dell'apparato di aspirazione di un motore alternativo a 4T.

Progetto di massima di un motore alternativo a 4T ad accensione comandata per trazione automobilistica. Disegno della sezione trasversale del motore progettato.

### ***2^ Esercitazione (10 [ ] 12 ore) per gli studenti che abbiano frequentato Macchine.***

Dimensionamento di massima del volano di un motore alternativo a 4T ad accensione comandata per trazione automobilistica.

Calcolo del ciclo Otto convenzionale.

Calcolo della pmi, delle pressioni efficaci e tangenziali.

Calcolo del lavoro motore e del lavoro resistente (motore monocilindrico).

Calcolo del volano e della velocità angolare (motore monocilindrico).

Calcolo del lavoro motore e del lavoro resistente (motore pluricilindrico).

Calcolo del volano e della velocità angolare (motore pluricilindrico).

## 2<sup>a</sup> Esercitazione (8 $\Pi$ 10 ore) per gli studenti che abbiano frequentato Macchine II.

Studio della distribuzione di un motore alternativo a 4T.

Camma a 2 centri: geometria, accelerazioni, velocità, alzate.

Camma a 3 centri: geometria, accelerazioni, velocità, alzate, forze d'inerzia, molle, fasatura.

## 3<sup>a</sup> Esercitazione (6 $\Pi$ 8 ore)

Contrappesamento dell'albero a gomiti di un motore alternativo a 4T a 6 cilindri in linea.

Calcolo delle reazioni vincolari.

Dimensionamento di massima dei contrappesi.

## 4<sup>a</sup> Esercitazione (8 $\Pi$ 10 ore)

Misure di potenza.

Apparecchiature per il rilievo della potenza: freni dinamometrici tarati ed a reazione (meccanici, idraulici, elettrici); cenni su torsimetri ed estensimetri; misure di velocità angolare.

Curve caratteristiche: caratteristica meccanica, caratteristica di regolazione, cubica di utilizzazione.

Correzione di potenza per motori Otto a carburazione e ad iniezione, per motori Diesel.

## 5<sup>a</sup> Esercitazione (4 $\Pi$ 6 ore) per gli studenti che abbiano frequentato Macchine II.

Rilievo sperimentale del ciclo indicato di un motore 4T ad accensione comandata per trazione automobilistica.

### 1<sup>a</sup> Laboratorio (2 ore)

Smontaggio di un motore alternativo a 4T.

### 2<sup>a</sup> Laboratorio (2 ore).

Rilievo caratteristica meccanica e cubica di utilizzazione per motore a ciclo Otto.

### 3<sup>a</sup> Laboratorio (2 ore).

Rilievi sperimentali su di un banco prova motori.

È obbligatoria la frequenza al 100% dei laboratori. Gli studenti verranno suddivisi in squadre di 12 : 15 elementi; la composizione delle squadre, il calendario e gli orari dei laboratori verranno affissi nella bacheca del Dipartimento di Energetica. Gli spostamenti da una squadra ad un'altra sono consentiti solo se concordati preventivamente con il docente esercitatore.

## BIBLIOGRAFIA

È consigliabile frequentare lezioni ed esercitazioni, e servirsi degli appunti per la preparazione dell'esame. Difatti non esiste un unico testo che tratti gli argomenti del corso in modo simile a quello adottato, e, d'altro canto, la trattazione di molti temi deriva da sviluppi del docente titolare del corso o di suoi colleghi.

Sono disponibili appunti degli anni precedenti, utili per sopperire ad assenze occasionali.

### TESTI AUSILIARI

Testi per approfondire singoli argomenti, ove ciò sia necessario nella futura attività professionale, sono i seguenti:

- ✓ J. B. Heywood - *International combustion engine fundamentals* (Generale). McGraw-Hill Book Company
- ✓ G. Ferrari - *Motori a combustione interna* (Generale), Il Capitello, Torino (2 copie)
- ✓ A. Capetti - *Motori termici* (Generale), UTET, Torino
- ✓ Ferguson - *International combustion engines* (Modelli), Wiley & Sons, New York
- ✓ E. F. Obert - *International combustion engine and air pollution* (Generale), Intex Educational Publishers, New York
- ✓ C. F. Taylor - *The internal combustion engine in theory and practice* (Gentile), M.I.T. Press
- ✓ F. Schmidt - *The internal combustion engine* (Generale), Chapman & Hall (G.B.)

## ESAME

È necessario mettersi in nota per l'esame presso la Segreteria Didattica del Dipartimento di Energetica.

L'esame è articolato, di norma, in 3-4 domande riguardanti sia le lezioni che le esercitazioni numeriche, grafiche e di laboratorio svolte. Agli argomenti inerenti le lezioni sono riservate almeno due domande, a quelli inerenti le esercitazioni almeno una.

L'esame è, di norma, in forma orale. Ove ad alcune domande si richiede risposta per iscritto, segue sempre una discussione orale delle risposte date.

## PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso di Laurea in Ingegneria Industriale è articolato in due anni di studio. Il primo anno è dedicato alla preparazione delle basi teoriche e sperimentali della disciplina. Il secondo anno è dedicato alla preparazione delle basi teoriche e sperimentali della disciplina. Il corso di Laurea in Ingegneria Industriale è articolato in due anni di studio. Il primo anno è dedicato alla preparazione delle basi teoriche e sperimentali della disciplina. Il secondo anno è dedicato alla preparazione delle basi teoriche e sperimentali della disciplina.

Collegamenti multipli per ulteriori informazioni: [www.univpm.it](http://www.univpm.it)

Sezioni di Ingegneria Industriale

## **P3850 OLEODINAMICA E PNEUMATICA**

Anno: 4,5

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni: 72

esercitazioni: 40

laboratori: 8

Docente:

**Nicola NERVEGNA**

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

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

### **REQUISITI**

Meccanica dei fluidi, Macchine, Controlli automatici.

### **PROGRAMMA**

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

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

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

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

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

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

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

Gruppo di alimentazione a pressione fissa approssimata (GAPFA). Caratteristica verso l'utenza e rendimenti. Schemi circuitali e analisi del funzionamento con riferimento alla valvola di esclusione. Gruppi di alimentazione con utenze multiple. Uscite indipendenti, parallele, confluenti. Circuito di base per lo studio di martinetti a semplice e doppio effetto. Analisi con blocchi funzionali. Caratteristica meccanica. Configurazioni di centro del distributore. Evoluzione del circuito per inversioni di velocità e carico e per la protezione da sovrappressioni e depressioni. Caratteristica meccanica ( $F,v$ ) per carichi resistenti e trascinanti. Impiego di valvole di controlanciamento (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: idrocopiatore. Retroazione volumetrica – meccanica di posizione: idroguida; studio delle sezioni costruttive del distributore rotante e del motore/pompa orbitale. Soluzioni reattive, non reattive e *load-sensing*.

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

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

Classificazione ISO: viscosità dinamica e cinematica, viscosimetri. Diagramma viscosità cinematica – temperatura. Equazione di stato linearizzata. Comprimibilità e modulo di comprimibilità. Comprimibilità equivalente del sistema contenitore – fluido – aria separata. Modulo di comprimibilità 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 tenuta.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **Componenti pneumatici. Oleopneumatica. [8 ore]**

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

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.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

(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.

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

Laboratori:

- 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 rivisti 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.

## LABORATORI E/O ESERCIZI

Problemi su grafi e reti	Introduzione alla modellistica matematica
Metodi di rappresentazione	La connettività italiana
Caratteristiche dei grafi	I piani di trasporto
Algoritmi per il calcolo degli alberi di costo minimo	I Piani Urbani del Traffico (PUT)
Funzioni di costo e di previsione	Il "mobility manager", ed i servizi per la mobilità
Costruzione del modello di rete per un sistema di trasporto	Il controllo automatico
Modelli di domanda - esempi di applicazioni	L'offerta di trasporto
I modelli di utilità alternativa	La connessione
I modelli di generazione	Il costo della rete di trasporto: costi e prezzi
I modelli di distribuzione	La sezione costi - prezzo
I modelli di ripartizione modale	Il livello dell'offerta di trasporto
I modelli di scelta del percorso	La domanda di mobilità
Modelli e algoritmi di assegnazione - esempi su reti elementari	La misura della mobilità
Modelli DNL, SNL, DUE, SUP	emissioni ed destinazione
Determinazione del percorso di costo minimo	Il controllo di origine e destinazione
Carico della rete senza trascurazione esplicita dei percorsi	Modelli per la quantificazione della domanda
Algoritmi per l'assegnazione di equilibrio	La domanda di domanda
Stati della domanda di trasporto - esempi applicativi	Struttura generale dei modelli di mobilità
La stima diretta della domanda attuale	Modelli di costo capitale
La stima disaggregata dei modelli di domanda	I modelli di generazione
La stima della domanda attuale con i collegamenti di traffico	I modelli di distribuzione
Esempi di utilizzo di un package applicativo per la pianificazione	I modelli di ripartizione modale
	algoritmi di assegnazione



## II MODULO: I MODELLI DI INTERAZIONE DOMANDA-OFFERTA E L'ANALISI DEI SISTEMI DI TRASPORTO

Impegno (ore)            lezione: 30            esercitazione: 32

### *I modelli di interazione domanda - offerta*

Il problema dell'assegnazione della domanda alla rete

Il concetto di equilibrio deterministico e stocastico

L'assegnazione a reti non congestionate

L'assegnazione a reti congestionate

### *La stima della domanda di mobilità*

La stima diretta della domanda attuale

La stima disaggregata dei modelli di domanda

La stima della domanda attuale con i conteggi di traffico

### *Le prestazioni e la valutazione dei sistemi di trasporto*

L'efficienza del sistema: i tempi ed i costi

L'impatto ambientale ed i consumi energetici

### *L'applicazione dei modelli matematici di trasporto*

I package per la modellizzazione dei sistemi di trasporto

Il caricamento e la rappresentazione interattiva dei dati

Le procedure di calibrazione

L'individuazione degli effetti di un piano di trasporto

L'analisi delle prestazioni dal punto di vista dell'utente, del gestore e della società

### *Gli aspetti operativi della pianificazione dei trasporti*

I contenuti del PUT: gli interventi infrastrutturali, le misure di regolazione, la gestione operativa

L'attuazione ed il controllo del PUT

"L'ufficio per il Piano": composizione della struttura adibita alla redazione del PUT

Il costo della redazione di un Piano, il costo dell'attuazione di un Piano

Dalla pianificazione alla gestione: esempi di applicazioni "on-line" dei modelli di traffico

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

### *Problemi su grafi e reti*

Metodi di rappresentazione

Caratteristiche dei grafi

Algoritmi per il calcolo degli alberi di costo minimo

Funzioni di costo e di prestazione

Costruzione del modello di rete per un sistema di offerta di trasporto

### *Modelli di domanda - esempi di applicazioni*

I modelli di utilità aleatoria

I modelli di generazione

I modelli di distribuzione

I modelli di ripartizione modale

I modelli di scelta del percorso

### *Modelli e algoritmi di assegnazione - esempi su reti elementari*

Modelli DNL, SNL, DUE, SUE

Determinazione dei percorsi di costo minimo

Carico della rete senza enumerazione esplicita dei percorsi

Algoritmi per l'assegnazione di equilibrio

### *Stima della domanda di trasporto - aspetti applicativi*

La stima diretta della domanda attuale

La stima disaggregata dei modelli di domanda

La stima della domanda attuale con i conteggi di traffico

*Esempi di utilizzo di un package applicativo per la pianificazione operativa*





Modalità operative dell'imbutitura e dello stampaggio delle lamiere, determinazione degli sviluppi piani, dell'imbutibilità, del numero di passaggi, delle forze.

Macchine, stampi di imbutitura; processi di simulazione nella progettazione degli stampi.

Piegatura.

Lavorazioni innovative.

### ESERCITAZIONI

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

Esame di pezzi deformati a caldo, a tiepido, a freddo.

Progetto assistito della striscia economica e dello stampo progressivo per componenti in lamiera.

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

**PROGRAMMA****CALCOLO STRUTTURALE STATICO***Metodi classici; stato di tensione nei solidi assialsimmetrici.*

- La progettazione meccanica; la figura del progettista. Calcoli di progetto e calcoli di verifica; progettazione statica, quasi statica, dinamica; metodi classici e metodi numerici, il calcolo automatico nella progettazione, integrazione del calcolo strutturale assistito dal calcolatore con il disegno, lo studio funzionale e la programmazione della produzione (CAE).
- Stato tensionale dei rotori. Teoria dei dischi rotanti. Ipotesi di base. Equazioni di equilibrio e congruenza. Problema diretto: equazione risolvente. Dischi di spessore costante: condizioni di carico e soluzione dello stato tensionale. Dischi con densità variabile con il raggio. Dischi a profilo iperbolico. Dischi a profilo qualsiasi: metodi di Grammel e di Manson. Problema inverso: dischi di uniforme resistenza. Effetto dei fori sullo stato di tensione nei dischi rotanti. Effetto della plasticità del materiale sullo stato tensionale dei dischi rotanti. Autoforzamento.
- Stato tensionale dei recipienti cilindrici a parete sottile. Recipienti cilindrici a parete spessa. Recipienti per alte pressioni. Instabilità elastica dei gusci cilindrici soggetti a pressione esterna.

**ESERCITAZIONI**

Dischi a spessore costante. Calcolo di resistenza di dischi di uniforme resistenza, effetto dei fori, plasticizzazione. Relazione di calcolo di un disco con mozzo e corona.

- Calcolo di resistenza di recipienti cilindrici.

*Metodi numerici; il metodo degli elementi finiti*

- Calcolo matriciale delle strutture, caso delle barre e delle travi. Assemblaggio della struttura e mappa. Vettori dei carichi nodali equivalenti a carichi distribuiti. Leggi di spostamento assegnate: funzioni di forma. Costruzione della matrice di rigidità e dei vettori dei carichi nodali equivalenti tramite la equazione dei lavori virtuali. Elemento asta ed elemento trave. Formulazione di Eulero e di Timoshenko. Fenomeno del locking. Cenni sui vari tipi di elementi, elementi isoparametrici. Fenomeno del locking in generale. h-convergenza e p-convergenza: cenni sugli elementi gerarchici. Cenni sul metodo degli elementi al contorno.

**ESERCITAZIONI**

- Calcolo matriciale delle strutture.

*Cenni di meccanica della frattura*

- Teoria di Griffith, fattore di intensificazione delle tensioni, meccanica della frattura lineare elastica, crescita della cricca. [PB]

**CALCOLO STRUTTURALE DINAMICO***Riepilogo sulla dinamica dei sistemi discreti*

- Richiami sui sistemi ad un grado di libertà. Vibrazioni libere. Richiami sui sistemi ad un grado di libertà. Vibrazioni forzate. Risposta in frequenza dei sistemi ad un grado di libertà. Sistemi smorzati; smorzamento interno dei materiali e sua modellazione; eccitazione periodica non armonica, cenni sull'eccitazione casuale. Richiami sui sistemi a molti gradi di libertà, equazione del moto in forma lagrangiana, disaccoppiamento modale, sistemi smorzati. Risposta forzata dei sistemi a molti gradi di libertà, fattori di partecipazione modale. Smorzatore dinamico.

## **Dinamica dei sistemi continui e loro discretizzazione**

- Generalità sui sistemi continui. Aste e travi. Trave di Eulero-Bernoulli. Modi di vibrare dei sistemi continui. Trave di Timoshenko. Accoppiamento flessio-torsionale, effetto delle forze assiali sulle vibrazioni flessionali delle travi, corde vibranti.
- Metodi di discretizzazione. Metodo delle forme modali imposte. Modelli a parametri concentrati. Matrici di trasferimento. Metodi di Myklestad e di Holzer. Metodo degli elementi finiti. Matrice delle masse. Riduzione statica, dinamica e di Guyan.
- Soluzione del problema delle vibrazioni libere e forzate. Formula di Dunkerley e metodo di Stodola. Simulazione dinamica.

## **ESERCITAZIONI**

- Analisi dinamica mediante il metodo degli elementi finiti.
- Relazione di calcolo sul comportamento dinamico di una struttura. Spiegazione generale. Parte 1: vibrazioni libere, eccitazione armonica. Parte 2: urto.

## **Dinamica delle macchine rotanti**

- Vibrazioni dei rotori, velocità critiche, campi di instabilità, diagramma di Campbell. Rotore di Jeffcott non smorzato, autocentramento. Rotore di Jeffcott con smorzamento viscoso, stabilità, diagramma di Campbell e luogo delle radici. Rotore a 4 gradi di libertà, effetto giroscopico. Rotori a molti gradi di libertà. Anisotropia del rotore e dei supporti.
- Equilibratura dei rotori, diagnostica delle macchine rotanti.

## **ESERCITAZIONI**

- Dinamica delle macchine rotanti.

## **LABORATORIO**

- Dinamica dei rotori

## **Dinamica delle macchine alternative**

- Sistema equivalente. Comportamento dinamico del sistema biella-manovella. Equazione del moto in forma semplificata. Vibrazioni libere, velocità critiche torsionali. Vibrazioni forzate. Smorzamento delle vibrazioni torsionali degli alberi a gomiti.

## **ESERCITAZIONI**

- Vibrazioni torsionali degli alberi a gomiti.

## **P4090      PRODUZIONE ASSISTITA DA CALCOLATORE**

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore totali)	lezioni: 52	esercitazioni: 52
Docente:	<b>Luca IULIANO</b>	

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Scopo del corso è la descrizione del percorso seguito da un bene di consumo nelle fasi di industrializzazione e fabbricazione partendo dal modello matematico realizzato al CAD. Tutte le fasi che contribuiscono alla realizzazione del prodotto vengono esaminate nell'ottica della Concurrent Engineering dove convivono tutte le moderne tecniche della produzione assistita dal calcolatore (CAM). Vengono innanzitutto analizzate le tematiche inerenti all'integrazione CAD/CAM e alla simulazione applicata ai processi produttivi, successivamente sono discusse le attività attuabili dal CAM nei settori delle macchine utensili a controllo numerico, dei robot industriali e nel collaudo e controllo di qualità. Sono quindi trattati gli aspetti di base della pianificazione dei processi produttivi partendo dalla group technology (GT). Vengono infine descritte le principali tecnologie di Prototipazione Rapida (RP) dove l'ausilio del calcolatore rende possibile un'integrazione globale tra il modello matematico e il processo di costruzione del prototipo.

### **REQUISITI**

Sono richieste conoscenze di base di Disegno Tecnico Assistito, di Tecnologia Meccanica/Sistemi Integrati di produzione e di Informatica.

### **PROGRAMMA**

#### ***Concurrent Engineering e Integrazione CAD/CAM [4 ore].***

- Definizione integrata del prodotto e del processo;
- Definizione di integrazione CAD/CAM;
- Strutture hardware e software per l'integrazione con i sistemi CAM;
- Esempi di Integrazione.

#### ***Simulazione dei processi produttivi [4 ore]***

- La filosofia della simulazione;
- Campi di impiego della simulazione nei processi produttivi;
- Simulazione del percorso utensile e della movimentazione dei rodot;
- Simulazione del flusso di resina termoplastica nel processo di stampaggio a iniezione.

#### ***Il controllo numerico [6 ore]***

- Richiami sui principi, sulle macchine e sulla programmazione assistita del percorso utensile;
- L'impiego del calcolatore nei controlli numerici
- Il controllo adattativo

#### ***I robot industriali [8 ore]***

- Strutture e caratteristiche;
- Impieghi dei robots;
- Le unità di governo e la programmazione assistita;
- Integrazione con l'ambiente esterno
- Le celle robotizzate.

#### ***Le macchine di misura a controllo numerico [4 ore]***

- Il controllo di qualità assistito;
- Strutture e caratteristiche delle macchine di misura;
- Software per macchine di misura;
- La verifica diretta con il modello matematico (CTR);

### **La Group Technology [6 ore]**

- Le famiglie di pezzi;
- La codifica e la classificazione delle famiglie di pezzi;
- Le celle di lavorazione;

### **La pianificazione dei processi produttivi (CAPP) [8 ore]**

- Le problematiche dei sistemi CAPP;
- L'approccio variante;
- L'approccio generativo;

### **La prototipazione rapida (RP) [12 ore]**

- La filosofia della fabbricazione per piani e la sua giustificazione economica;
- L'integrazione con i sistemi CAD;
- I processi industriali consolidati;
- I sistemi in fase di sviluppo;
- Valutazione delle prestazioni delle varie tecniche.
- Le possibilità di utilizzo dei prototipi rapidi.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni svolte presso il laboratorio di economia e produzione (LEP) ed il laboratorio tecnologico vertono sui seguenti temi:

Modellazione CAD tridimensionale per superfici e solidi indirizzata alla generazione del file STL per la costruzione dell'elemento fisico con le tecniche di prototipazione rapida;

Simulazione di celle di produzione robotizzate;

Determinazione della finestra di stampaggio per la produzione di manufatti in resina termoplastica;

Produzione di un manufatto impiegando la tecnica della Reverse Engineering.

Sono inoltre previsti:

Seminario sulle applicazioni della prototipazione rapida;

Visite presso aziende con forte integrazione CAD/CAM;

Le esercitazioni sono finalizzate all'approfondimento di un argomento specifico del corso da effettuarsi in piccoli gruppi sotto la guida del docente con la stesura di una relazione da presentare in sede di esame. Sono previste 20 ore da dedicare sia allo sviluppo dell'argomento selezionato che ad una serie di incontri con il docente.

## **BIBLIOGRAFIA**

✓ Groover P. M., Zimmers E. W., *CAD/CAM Computer Aided Design and Manufacturing*, Prentice Hall, 1986.

✓ McMahon C., Browne J., *CAD/CAM from Principles to Practice*, Addison Wesley Publishing Company, 1994.

Bjorke O., *Layer Manufacturing, a Challenge of the Future*, Tapir Publishers, Thondheim Norway, 1992.

## **ESAME**

La prova finale, orale, è organizzata in due fasi: la prima comprende gli argomenti trattati nelle lezioni mentre la seconda verte sulla discussione della relazione presentata e corretta dal docente. Ad ogni fase d'esame corrisponde una valutazione delle risposte fornite dall'allievo ed il voto finale risulterà dalla media delle due valutazioni suddette, purché ciascuna sia sufficiente.

Per consentire la correzione delle relazioni, queste dovranno essere consegnate con un anticipo di 7 giorni rispetto alla data di inizio della sessione di esami di febbraio-marzo.



Le tendenze innovative; la bioingegneria applicata alla medicina (adroterapia).  
Le applicazioni industriali degli acceleratori di particelle.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Concernono la progettazione esecutiva di alcuni componenti (dalle strutture all'impianto elettrico, dalle reti fognarie all'impianto di distribuzione di aria compressa, ecc.) costituenti il complesso produttivo progettato in via di massima durante il corso di *Impianti meccanici*

Alcune visite sopralluogo ad impianti funzionanti od in corso di realizzazione consentono di verificare direttamente quanto sviluppato nell'ambito delle lezioni e delle esercitazioni.

## **BIBLIOGRAFIA**

Vengono forniti specifici riferimenti circa le più recenti pubblicazioni, anche straniere, riguardanti gli argomenti trattati.

## **ESAME**

I temi svolti durante le esercitazioni, continuativamente esaminati e discussi, sono oggetto di verifica finale onde poter accedere all'esame. Questo consiste in una prova orale destinata all'accertamento della preparazione del candidato mediante domande riguardanti gli argomenti trattati a lezione; il voto finale dipende dagli esiti della predetta verifica e della prova orale.

## **BIBLIOGRAFIA**

Grassi E. M., Zanone  
Maffei

McLennan C. Brown

Compton



## BIBLIOGRAFIA

J. Fenton, *Vehicle body layout and analysis*, MEP, London, 1980.

Numerose monografie.

## ESAME

Esame orale con discussione dell'esercitazione e domande sul programma svolto a lezione.

## **P4180      PROGETTAZIONE DI SISTEMI DI TRASPORTO**

Anno: 5

Periodo: 1

Impegno (ore sett.)

lezione: 4

esercitazione: 4

Docente:

**Adelmo CROTTI** (assistente: **Bruno DALLA CHIARA**)

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

L'insegnamento affronta gli aspetti progettuali, costruttivi e d'esercizio dei sistemi di trasporto ad impianto fisso, dei nodi terminali e d'interscambio per i passeggeri e per le merci.

### **REQUISITI**

Conoscenza degli elementi di base dell'ingegneria dei trasporti, appresi nel corso di "Tecnica ed Economia dei Trasporti".

### **PROGRAMMA**

- 1. Generalità sulla progettazione e sulle modalità esecutive del corso.**
- 2. Classificazione e nomenclatura inerente i sistemi di trasporto e la relativa progettazione:**
  - modalità di trasporto e definizioni;
  - sistemi continui/discontinui;
  - trazioni, motorizzazioni, ecc.;
  - funi, catene, ecc.;
- 3. Sistemi di trasporto ed infrastrutture lineari:**
  - ascensori, montacarichi, sistemi ettometrici, scale mobili;
  - impianti a fune: caratteristiche costruttive e d'impiego delle funi metalliche, progettazione e costruzione di impianti a fune aerei e terrestri, descrizione dei programmi di calcolo automatico delle funivie;
  - caratteristiche costruttive ed elementi di dimensionamento di sistemi di trasporto convenzionali (tramvie, metropolitane, metropolitane leggere) e sistemi di trasporto innovativi (*people mover* e metropolitane a guida automatica);
  - linee ferroviarie (sistema veicolo-infrastruttura, elementi costitutivi e dimensionali dei veicoli ferroviari, l'assetto variabile, elementi di progettazione delle linee ferroviarie, criteri progettuali delle linee ad alta velocità);
  - vie navigabili;
  - aeropiste (cenni).
- 4. Trasporto intermodale ed infrastrutture puntuali:**
  - trasporto intermodale, trasporto combinato, unità di carico e per il carico;
  - i nodi terminali per il trasporto merci: interporti e piattaforme logistiche, terminali intermodali, stazioni di smistamento (dimensionamento dei principali elementi infrastrutturali, mezzi e tecniche di movimentazione);
  - i nodi d'interscambio per il trasporto di persone: le stazioni, i parcheggi d'interscambio;
  - le infrastrutture portuali ed aeroportuali;
  - i sistemi logistici integrati e supporti telematici.
- 5. Procedure tecniche, amministrative ed economiche per la progettazione dei sistemi di trasporto:**
  - principi di progettazione delle infrastrutture e sistemi di trasporto: determinazione e quantificazione della domanda di trasporto, relativa distribuzione temporale e conseguenti scelte progettuali;
  - documenti progettuali: elementi basilari inerenti la redazione di un progetto; capitolati, prescrizioni tecniche, tempistiche, elenco prezzi ed analisi prezzi;

- studio e valutazione di impatto ambientale delle infrastrutture di trasporto; affidabilità; sicurezza degli impianti di trasporto; collaudi;
- aspetti economici e finanziari.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni consistono nella redazione di un progetto, condotto da piccoli gruppi di studenti, i quali sono tenuti sia alla stesura della parte grafica che di quella numerica, con i relativi capitolati.

Nel corso delle esercitazioni vengono inoltre affrontate applicazioni numeriche inerenti argomenti svolti durante le lezioni ed attinenti alla progettazione di sistemi di trasporto, nodi terminali e centri d'interscambio.

Nel corso delle ore di lezione o esercitazione vengono illustrati specifici argomenti, al fine di fornire una maggiore conoscenza applicativa delle progettazioni dei sistemi di trasporto.

## **BIBLIOGRAFIA**

Dispense distribuite nel corso delle lezioni

- ✓ Marocchi D., *Trasporti a fune*, Ed. Levrotto & Bella
- Bafile A., *Impianti di trasporto a fune*, Ed. ETS (2 copie)
- Liberatore M., *Sistemi di trasporto di massa e tecnologie innovative*, Ed. Masson (2 copie)

## **ESAME**

L'esame di profitto consiste nella consegna di un adeguato progetto di massima inerente l'esercitazione definita all'inizio del corso, in una prova scritta inerente gli argomenti affrontati a lezione ed in una successiva prova orale sul programma dell'insegnamento.

## PA310 PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE DI SISTEMI MECCANICI

Anno: 4,5	Periodo: 1		
Impegno (ore sett.)	lezione: 4	esercitazione: 2	laboratorio: 2
Docente:	<b>Pasquale Mario CALDERALE</b> (collab.: Ing. <b>G. CHIANDUSSI</b> )		

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

L'introduzione dei mezzi informatici nella meccanica ha consentito di prendere in considerazione l'interazione fra gli elementi delle macchine, studiando in tal modo sistemi meccanici sempre più complessi ed ha permesso di modellare le strutture meccaniche senza ricorrere a drastiche semplificazioni. Questa possibilità ha modificato sostanzialmente la progettazione meccanica, trasformando completamente sia il modo di progettare sia l'organizzazione ed il modo di operare degli uffici tecnici. Il corso tratta i fondamenti e l'applicazione dei metodi non convenzionali di progettazione di prodotto e di processo. In particolare vengono trattati i metodi di discretizzazione agli elementi finiti per l'analisi delle sollecitazioni in campo statico e dinamico di sistemi meccanici anche complessi. Viene analizzata l'integrazione tra progettazione di prodotto e di processo in modo tale da interconnettere in modo logico il percorso completo che parte dalla fase di ideazione e giunge fino alla fase di costruzione.

### REQUISITI

Scienza delle costruzioni, Costruzione di macchine, Principi e metodologie della progettazione meccanica.

### PROGRAMMA

Gli argomenti indicati nel seguito coprono un numero di ore largamente superiore a quelle previste a calendario; il corso infatti ha strutturazione flessibile e non si prefigge una trattazione esaustiva, piuttosto viene privilegiata la discussione e il collegamento tra argomenti diversi. La parte di materia obbligatoria per tutti gli studenti iscritti al corso viene svolta nel numero di ore previste a calendario e può essere in parte assimilata durante le ore di frequenza. A questa prima parte se ne affianca una seconda facoltativa e più impegnativa, rivolta agli studenti che desiderano esplorare le frontiere innovative della pratica della progettazione di sistema. Quest'ultima può essere dedicata allo studio comune di altri argomenti, se nessuno sceglie argomenti individuali, ovvero allo studio della parte facoltativa personalizzata.

### LA PROGETTAZIONE MECCANICA.

- Inquadramento dell'evoluzione del pensiero filosofico e delle metodologie di ricerca scientifica e tecnologica. Principi, evoluzione e nuove metodologie di progettazione. Progettazione delle macchine come sistema. Organizzazione e gestione della progettazione. Cenni di analisi del valore applicata alla progettazione. Progettazione e responsabilità di prodotto.
- Ingegneria Simultanea: integrazione tra progettazione di prodotto e di processo. *Design for manufacturing, design for assembly and disassembly, design for environment* (dall'idea del prodotto all'eliminazione ecologica dei rottami).
- Progettazione sistematica e metodi di creatività nella progettazione.

### METODI DI PROGETTAZIONE.

- Progettazione a resistenza e a rigidità. Rigidità strutturale: casi statico e dinamico.
- Analisi del danno strutturale: richiami di fatica e frattura, con riferimento ai problemi di progettazione e sperimentazione dei sistemi meccanici.

- Progettazione affidabilistica. Progettazioni *fail-safe* e *safe life*. Design of experiments come ausilio alla progettazione.
- Analisi del contatto fra superfici e identificazione dei meccanismi di usura. *Design against wear*.
- Calcolo strutturale mediante metodi di discretizzazione FEM e BEM.
- Metodologie di ottimizzazione topologica e di forma.
- Progettazione con materiali plastici e compositi. Elementi di viscoelasticità, con particolare riferimento all'analisi delle strutture in materiale plastico.
- Progettazione delle carrozzerie autoveicolistiche e delle strutture in parete sottile in generale.
- Interazione uomo veicolo: *human factors*, effetto di vibrazioni e di urti.
- Termoelasticità: concetti fondamentali, problemi di scambio termico, condizioni al contorno, equazioni fondamentali della termoelasticità.
- Progettazione di sistemi microelettromecanici. Sistemi microoptomeccanici, microrobotica e micromanipolazione. Meccanica dei sensori e degli attuatori. Tecniche di microfabbricazione (*Surface Micromachining*, LLGA, Microstereolitografia).
- Metodologie dell'intelligenza artificiale. Sistemi esperti. Basi di conoscenza, meccanismi inferenziali, euristica.
- Requisiti essenziali di sicurezza e di salute relativi alla progettazione ed alla costruzione delle macchine. Richiami normativi.

#### **METODI SPERIMENTALI DI SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE.**

- Estensimetria elettrica.
- Fotoelasticità: teoria, interpretazione dei dati fotoelastici.
- Rilievi di oscillazioni torsionali mediante estensimetri e torsiografi.
- Controlli non distruttivi.
- Analisi sperimentale delle tensioni mediante effetto termoelastico. Teoria e interpretazione dei dati termografici.
- Analisi di sistemi dinamici. Analisi vibrazionale e modale.
- Acquisizione ed elaborazione dei dati.
- Analisi dell'immagine.

#### **APPLICAZIONI.**

- Esempi di applicazione della termoelasticità: frizione, freno (tamburo e disco), contenitori in pressione cerchiati, turbopompe (imbocco girante).
- Metodi di progettazione dell'autoveicolo: metodi di discretizzazione.
- Verifiche ad urto dall'autoveicolo. Problemi di analisi acustica e di instabilità.
- Progetto di strumenti musicali, analisi vibrazionali ed acustiche.
- Problemi dinamici del gruppo motopropulsore. Vibrazioni degli alberi motore: vibrazioni torsionali, assiali, flessionali, accoppiate. Cenni sugli smorzatori dinamici di vibrazione. Metodi classici e di discretizzazione.
- Analisi di sistemi dinamici non lineari: ammortizzatori per veicoli, articolazioni meccaniche.

#### **ESEMPLI.**

- Esempio di progettazione del sistema meccanico "motore": interazione fra albero e basamento.
- Esempio di calcolo a resistenza e a rigidezza: caso delle funi metalliche.

#### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

- Fotoelasticità.
- Estensimetria.

- Misura dello smorzamento.
- Resistenza a fatica delle funi.
- Controlli non distruttivi.
- Analisi modale.
- Esercitazioni guidate con utilizzo del software agli elementi finiti MSC NASTRAN. Strutture monodimensionali, bidimensionali e tridimensionali, analisi statica e dinamica e studio dell'instabilità
- Dimostrazione su sistemi di calcolo di grande capacità delle correnti applicazioni delle metodologie di progettazione per la realizzazione del *mock-up* virtuale (CATIA), per la realizzazione di modelli CAD parametrici (Pro-Engineer), per lo studio del comfort (ergonomia, acustica), per la simulazione dei processi produttivi presso importanti realtà industriali (Centro Ricerche Fiat. Fiat Auto, ...).
- Svolgimento di una tesina facoltativa che potrà essere scelta (individualmente o in coppia) tra gli argomenti proposti o eventualmente tra argomenti emergenti (e quindi non programmabili) da svolgersi in sede o presso enti esterni.

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ Volumi della Collana di progettazione delle macchine, Levrotto & Bella.
- Dispense distribuite durante il corso.

## ESAME

- Prove scritte periodiche durante l'anno riguardanti la parte comune.
- Valutazione della eventuale parte facoltativa (orale o relazione scritta).
- Valutazione del livello di partecipazione e di interazione durante il corso.
- Valutazione finale orale.

## P4600 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Anno: 3

Periodo: 1

Impegno (ore totali)

lezione: 50

esercitazione: 70

Docente:

**Alberto CARPINTERI** (Dipartimento di Ingegneria Strutturale)

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo del corso è quello di introdurre la *meccanica dei solidi elastici lineari* con le equazioni di equilibrio, di congruenza e di legame costitutivo. Tali relazioni vengono dedotte nel caso dei solidi tridimensionali (corpi tozzi), bidimensionali (lastre o piastre) e unidimensionali (travi) e quindi unificati in una formulazione del tutto generale, utile soprattutto per le applicazioni numeriche.

Viene trattata poi la *teoria dei sistemi di travi*, sotto il duplice aspetto statico e cinematico. L'equilibrio delle strutture isostatiche è interpretato sia sul piano algebrico che su quello grafico ed in tale contesto vengono definite le caratteristiche interne della sollecitazione. La soluzione delle strutture iperstatiche viene proposta in linea generale applicando sia il metodo delle forze (o della congruenza) che quello degli spostamenti (o dell'equilibrio). Quest'ultimo si rivela particolarmente utile per eseguire in maniera automatica il calcolo dei sistemi a molti gradi di iperstaticità.

Vengono analizzati quindi in particolare i telai a nodi fissi e i telai a nodi spostabili con due metodi alternativi: il cosiddetto "metodo dei telai piani" (secondo il quale si svincola la struttura introducendo cerniere in tutti i nodi-incastro), e il Principio dei Lavori Virtuali.

Vengono infine descritti i *fenomeni di collasso* più frequenti nell'ingegneria strutturale: lo svergolamento, lo snervamento e la frattura fragile.

Il corso comprenderà lezioni ed esercitazioni.

The **mechanics of linear elastic solids** (beams, plates, shells, three-dimensional bodies) is studied adopting a matrix approach, which is particularly useful for numerical applications. The kinematic, static and constitutive equations, once composed, provide an operator equation which has as its unknown the generalized displacement vector. Moreover, constant reference is made to duality, i.e. to the strict correspondence between statics and kinematics that emerges as soon as the corresponding operators are rendered explicit, and it is at once seen how each of these is the adjoint of the other.

The **theory of beam systems** (statically determinate, statically indeterminate and hypostatic) is then presented, with the solution of numerous examples and the plotting of the corresponding diagrams of axial force, shearing force and bending moment, obtained both analytically and graphically. For the examination of framed structures, approached on the basis of the method of displacements, automatic computation procedures, normally involving the use of computers, are introduced in both the static and the dynamic regime.

Finally, the more frequently occurring *phenomena of structural failure* are studied: instability of elastic equilibrium, plastic collapse and brittle fracture.

### REQUISITI

Nozioni prepedeutiche: Analisi Matematica I e II, Fisica I, Meccanica Razionale.

### PROGRAMMA

#### MECCANICA DELLE STRUTTURE

1. Geometria delle aree
2. Determinazione delle reazioni vincolari

3. Diagrammi delle sollecitazioni interne M,T,N

4. Sistemi isostatici di travi

5. Solido di St.Venant e verifiche di resistenza

6. Sistemi iperstatici di travi

7. Telai piani (a nodi fissi e a nodi spostabili)

### MECCANICA DEI SOLIDI

1. Sistemi di corpi rigidi (dualità statico-cinematica)

2. Solido elastico

3. Travi e lastre inflesse

4. Metodo degli elementi finiti (calcolo automatico dei telai)

5. Fenomeni di collasso strutturale

### BIBLIOGRAFIA

✓ A. Carpinteri, *Scienza delle Costruzioni*, Pitagora, Bologna, 1992.

✓ A. Carpinteri, *Temi d'Esame*, Pitagora, Bologna, 1993, 1998.

### ESAME

L'esame prevede sia una prova scritta che una prova orale. Il compito scritto propone la soluzione di tre esercizi (una struttura isostatica, una struttura iperstatica, una verifica di resistenza). Ciascun esercizio pone due quesiti, al primo dei quali sono aggiudicabili 7/30 mentre al secondo 3/30.

Si suggerisce di attrezzarsi convenientemente per lo svolgimento della prova scritta (carta quadrettata, matite, penne, squadra, etc.). Si segnala invece che non è permesso l'uso di testi e appunti (si prega di consegnarli ai vigilanti).

Anno: 4

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni: 60

esercitazioni: 60

laboratori: 30

Docente:

**Paolo VALLINI**, (collab.: **Franco DEL COL**)**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di fornire le conoscenze fondamentali per l'interpretazione del funzionamento strutturale; quale naturale prolungamento della materia iniziata al terzo anno, si sviluppano gli strumenti analitici che sono alla base del metodo agli elementi finiti. Una particolare attenzione è dedicata all'analisi statica a collasso, situazione che si raggiunge attraversando il campo di comportamento non lineare, sia per causa dell'impegno dei materiali, sia per le condizioni di equilibrio, da rispettare nella configurazione deformata, talvolta notevolmente differenziata da quella iniziale.

Gli aspetti teorici sono sviluppati con costante riferimento alle conseguenze nel comportamento statico d'insieme ed alle possibili scelte progettuali; a questo scopo la didattica è assistita da sistemi di calcolo automatico aperti, ove è evidenziata la traduzione numerica della modellazione meccanica.

**PROGRAMMA**

Introduzione al corso: contenuti, sussidi didattici, esami. [1 ora]

Effetti delle deformazioni anelastiche. [4 ore]

Equazione dei lavori virtuali, equilibrio nella configurazione deformata, teorema di Kirchhoff. [2 ore]

Teoremi di reciprocità e funzioni d'influenza. [2 ore]

Analisi non lineare degli elementi inflessi, plasticità. [4 ore]

Analisi limite delle travature con metodo delle cerniere plastiche. [2 ore]

Duttilità delle strutture metalliche ed in conglomerato cementizio armato, limitazioni all'applicazione del metodo delle cerniere plastiche. [4 ore]

Introduzione al metodo degli elementi finiti, funzioni di forma, matrici di rigidezza. [6 ore]

Elementi piani a 3 e 4 nodi, nelle condizioni di deformazione piana e tensione piana. [2 ore]

Elementi bidimensionali in regime flessionale e membranale, regime ortotropo. [2 ore]

Analisi lineare delle travature per elementi finiti. [6 ore]

Effetti di non linearità meccanica e geometrica nelle travature piane. [2 ore]

Metodi approssimati per l'analisi di elementi snelli, instabilità singola e di gruppo secondo il metodo della colonna modello. [3 ore]

Travi e grigliati piani su appoggio elastico, applicazioni al calcolo di tubi e serbatoi con parete sottile. [4 ore]

Piastre inflesse, deduzione dell'equazione di Sophie-Germain, metodi di integrazione alle differenze finite. [4 ore]

Analisi per elementi finiti, in regime ortotropo, elementi misti piastra+grigliato. Calcolo a collasso con *yielding lines*, modelli per il calcolo non lineare. [4 ore]

Ingobbamento per torsione degli elementi con parete sottile, sollecitazioni parassite per torsione variabile, contributo di irrigidimento negli elementi con gradiente di torsione variabile. [4 ore]

Comportamento non lineare delle strutture ad arco, analisi a collasso. [3 ore]

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Nelle esercitazioni in aula sono proposti temi applicativi, integrati dalla discussione dei risultati raggiunti dagli studenti, suddivisi in gruppi di lavoro. Sono altresì previste esercitazioni presso il laboratorio informatico, ove sono resi disponibili supporti didattici di calcolo automatico e sono analizzate le procedure proposte dagli studenti in relazione ai temi loro assegnati; gli elaborati migliori sono inseriti nel materiale didattico a disposizione degli studenti.

## BIBLIOGRAFIA

Nell'ambito delle esercitazioni è prevista la distribuzione di materiale didattico, costituita da fotocopie di relazioni monografiche e programmi di calcolo relativi a temi sviluppati nel corso. L'insegnamento non prevede l'adozione di uno specifico testo, tuttavia per ragioni culturali si ritiene utile il riferimento alla bibliografia seguente:

- 1) A. Carpinteri, *Scienza delle costruzioni*. Vol. 1 e 2, Pitagora.
- 2) L. Corradi, *Meccanica delle strutture*. Vol. 1 e 2, McGraw-Hill.

## ESAME

La prova d'esame, esclusivamente orale, è generalmente articolata su tre quesiti, con ampia discussione degli elaborati prodotti dal candidato, in relazione ai temi assegnati durante il corso.

## **P4630 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI CERAMICI**

Anno: 5	Periodo: 1		
Impegno (ore sett.)	lezione: 6	esercitazione: 1	laboratorio: 1
(ore totali)	lezione: 94	esercitazione: 10	laboratorio: 10
Docente:	<b>Ignazio AMATO</b>		

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si prefigge di fornire una ampia panoramica sulla scienza e tecnologia dei materiali ceramici per applicazioni ingegneristiche, come rispecchia la sua organizzazione in tre moduli didattici: la scienza dei materiali ceramici, volta allo studio teorico della loro struttura e del comportamento, soprattutto meccanico; la tecnologia dei materiali ceramici, incentrata sui processi di produzione e trasformazione; le caratteristiche dei principali materiali ceramici di interesse ingegneristico.

### **REQUISITI**

E' necessaria la conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Chimica e Chimica Applicata.

### **PROGRAMMA**

Introduzione e classificazione dei ceramici. Applicazioni, potenzialità e mercato. **(4 ore)**

#### **I MODULO: LA SCIENZA DEI MATERIALI CERAMICI. (30 ore)**

Ordine cristallino, proprietà dei cristalli, strutture cristalline. Solidi policristallini. Microstruttura, ceramografia. I legami nei solidi, solidi ionici, covalenti, metallici e misti. Comportamento superficiale dei solidi: energia superficiale, bagnabilità, capillarità, assorbimento, superficie dei solidi. Le proprietà dei ceramici: solidi duttili e solidi fragili. Meccanica della frattura: tenacità e fatica. Resilienza e durezza. Comportamento termomeccanico. Correlazione tra proprietà e microstruttura. La densificazione dei ceramici: i difetti nei solidi (di punto, di linea, di superficie) e la diffusione. Sinterizzazione: generalità e meccanismi, stadi del processo, evoluzione della porosità. Sinterizzazione multifase e multicomponenti. La pressatura a caldo.

#### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Analisi strutturale e microstrutturale. Determinazione di proprietà meccaniche con applicazione della statistica di Weibull.

#### **II MODULO: LA TECNOLOGIA DEI MATERIALI CERAMICI. (30 ore)**

Polveri ceramiche: specifiche e caratteristiche. Processi di fabbricazione industriali e speciali (sol-gel). Additivi di processo e meccanismi d'azione. Meccanica delle particelle e reologia. Preparazione delle polveri preventiva alla formatura (trasporto, macinazione, mescolamento, lavaggio). Granulazione e formatura a secco. Formatura a plastico. Estrusione. Colaggio. Essiccamento. Finitura. Rivestimenti. Cottura.

#### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Caratterizzazioni delle polveri ceramiche: granulometria, superficie specifica. Porosità di polveri e sinterizzati. Valutazione della densità. Analisi termiche e dilatometriche.

#### **III MODULO: CERAMICI INGEGNERISTICI. (30 ore)**

Confronto tra le caratteristiche delle varie classi di ceramici. Ceramici a base ossido. Vetro, fibre di vetro e vetroceramici. Ceramici a base carburi. Diamante policristallino. Ceramici a base nitruri, boruri e siliciuri. Cermet ed utensili da taglio. Rinforzi ceramici (fibre, whiskers). Nanocompositi.



## **P4780      SIDERURGIA**

Anno: 4

Periodo: 1

Impegno (ore totali)

lezioni: 70

esercitazioni: 15

Docente:

**Donato FIRRAO**

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso ha lo scopo di affinare la preparazione dell'ingegnere in campo metallurgico, fornendo conoscenze specialistiche sulle leghe ferrose, con particolare riferimento ai processi ed impianti siderurgici, senza però trascurare un più approfondito studio delle proprietà strutturali, meccaniche e chimiche dei prodotti siderurgici e delle loro caratteristiche di impiego.

Per una buona preparazione nel campo specifico occorrono buone nozioni di base sulle metallurgia generale, la tecnologia dei materiali metallici (trattamenti termici e meccanici), e dei materiali refrattari, la teoria e la pratica dei fenomeni di combustione e di trasmissione del calore.

Il corso si svolgerà con lezioni, integrate da esami di schemi costruttivi di impianti ed apparecchiature specifiche con visite a stabilimenti siderurgici. Essendo un corso di tipo applicativo l'estensione degli argomenti potrà variare in modo significativo rispetto all'impegno previsto nel programma in dipendenza di opportuni aggiornamenti della tecnologia.

### **REQUISITI**

Termodinamica dell'ingegneria chimica, Tecnologia dei materiali e chimica applicata, Metallurgia.

### **PROGRAMMA**

*Chimica fisica dei processi siderurgici. [20 ore]*

Equilibri omogenei ed eterogenei in sistemi di interesse siderurgico. Bagni metallici. Equilibri metallo - scoria. Equilibri di riduzione degli ossidi. Termodinamica dei processi siderurgici.

*Teoria e pratica dei processi ai riduzione. [30 ore]*

Riducibilità degli ossidi. Sistemi costituiti da ossidi in progressiva riduzione. Equilibri di riduzione degli ossidi di ferro con riferimento all'effetto di ossidi estranei, in particolare dei componenti delle scorie siderurgiche. Riducenti. Riduzioni dirette e indirette. Combustibili. Preriscaldamento e ricupero di calore.

Classificazione e controllo di forni siderurgici.

**Ghisa. [10 ore]**

Preparazione del minerale. Altoforno ed impianti ausiliari. Altoforno elettrico e forni per ferrolighe. Seconda fusione. Inoculazione e colata. Sferoidizzazione e malleabilizzazione. Ghise legate. Caratteristiche di impiego delle ghise.

**Acciaio. [10 ore]**

Processi di preraffinazione ed affinazione. Disossidazione e colata. Fabbricazione di acciai speciali. Lavorazioni ed utilizzazione dell'acciaio. Trattamenti termici e caratteristiche strutturali di impiego degli acciai. Comportamento in opera.

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Esame di schemi costruttivi e dimensionamento di apparecchiature ed impianti siderurgici. [15 ore]

### **BIBLIOGRAFIA**

- ✓ A. Burdese, Metallurgia e tecnologia dei materiali metallici, UTET, Torino, 1992.
- ✓ W. Nicodemi, R. Zoja, Processi e impianti siderurgici, Tamburini, Milano.
- ✓ G. Violi, Processi siderurgici, ETAS Compass, Milano.

### **ESAME**

È previsto un solo accertamento finale tramite un colloquio orale. Il calendario viene stabilito in occasione di ogni appello in modo da favorire la massima flessibilità delle prove nel rispetto delle regole di Facoltà.



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. Blindosbarra, *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, interruttorie 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]

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

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

## BIBLIOGRAFIA

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

**Modalità organizzative.** 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.

## **P5110 SPERIMENTAZIONE ED AFFIDABILITÀ DELL'AUTOVEICOLO**

Anno: 5	Periodo: 2		
Impegno (ore)	lezione: 52	esercitazione: 40	laboratorio: 8
Docente:	<b>Massimo ROSSETTO</b> (Dipartimento: Meccanica; orario di ricevimento: 2 ore settimanali da definirsi all'inizio di ogni semestre)		

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di fornire alcune conoscenze fondamentali per affrontare le problematiche della sperimentazione e dell'affidabilità dell'autoveicolo. Gli argomenti trattati riguardano la descrizione delle attività di sperimentazione all'interno di un'industria automobilistica, la statistica descrittiva e la teoria dei campioni, il progetto degli esperimenti, l'analisi della varianza e il robust design, con riferimento a problemi di qualità. Vengono introdotti i concetti base dell'affidabilità. I problemi della fatica e delle prove di durata vengono trattati nell'ottica della sperimentazione del veicolo. Sono inoltre descritte alcune tecniche sperimentali di largo impiego.

### **PROGRAMMA**

#### **I MODULO: TRATTAMENTO STATISTICO DI DATI SPERIMENTALI E PROGETTAZIONE DEGLI ESPERIMENTI.**

Impegno (ore)      lezione: 28      esercitazione: 26      laboratorio: 4

1. Funzioni della sperimentazione in un'azienda automobilistica: definizione, obiettivi e fasi di intervento nel ciclo del prodotto; Norme di prova e classificazione delle prove Statistica descrittiva: elementi di teoria della probabilità, istogrammi, parametri caratteristici delle distribuzioni, distribuzione normale, distribuzione lognormale distribuzioni di Weibull, distribuzione binomiale e distribuzione di Poisson; algebra normale (lezioni 8 ore; esercitazioni 6 ore).
2. Teoria dei campioni: inferenza, intervalli di confidenza distribuzione t di Student e chi quadrato. Il concetto di rango e le carte di probabilità Curve di regressione e coefficienti di correlazione; campioni sospesi ed incompleti (lezioni 8 ore; esercitazioni 8 ore).
3. Progetto degli esperimenti : esperimenti di valutazione e confronto fra prodotti, piani fattoriali completi ed incompleti, analisi della varianza (ANOVA), modelli matematici e superfici di risposta (lezioni 12 ore; esercitazioni 12 ore; laboratorio 4 ore).

#### **II MODULO: AFFIDABILITÀ, QUALITÀ E ROBUST DESIGN. ESTENSIMETRIA**

Impegno (ore)      lezione: 24      esercitazione: 14      laboratorio: 4

1. Affidabilità: definizione e calcolo dell'affidabilità nel caso statico, indici di affidabilità; affidabilità e fattore tempo: tasso di guasto e curve tipiche, tempo medio fino al guasto (MTTF) e tempo medio fra due guasti (MTBF); affidabilità di sistemi in serie ed in parallelo (lezioni 6 ore; esercitazioni 6 ore).
2. Affidabilità e fatica: curve SN probabilistiche, metodi statistici per la determinazione delle curve (metodo stair case e metodi di massima verosimiglianza). Ipotesi di danneggiamento cumulativo e metodi per la riduzione dei cumulativi di sollecitazione a partire dai dati rilevati (lezioni 6 ore; esercitazioni 4 ore).
3. Analisi di qualità, analisi dei guasti, Parameter design, Robust Design (lezione 8 ore esercitazioni 4 ore).
4. Tecniche sperimentali con particolare riguardo all'estensimetria (Lezioni 4 ore, laboratorio 4 ore).

## ESAME

L'esame consiste in una prova orale in cui vengono discusse anche le relazioni sulle attività sperimentali effettuate.

## BIBLIOGRAFIA

- Belingardi G. "Strumenti statistici per la meccanica sperimentale e l'affidabilità"- Levrotto & Bella - Torino. (2 copie)
- Vengono forniti appunti dal docente.  
Eventuali testi di approfondimento verranno segnalati dal docente durante il corso.



- 10) Valutazione del numero di ottano delle benzine
- 11) Strumentazione per la misura degli inquinanti
- 12) Banchi di prova per motori in sperimentazione

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ Minelli - Misure Meccaniche - Ed. Pàtron, Bologna.
- ✓ Holman - Experimental Methods for Engineers - Ed. McGraw Hill.
- ✓ Beckwith, Buck - Mechanical Measurements - Ed. Addison-Wesley, Londra.
- ✓ Benedict - Fundamentals of Pressure, Temperature and Flow Measurements - Ed. Wiley & Sons.
- ✓ Doebelin - Measurement Systems - Ed. McGraw Hill.
- ✓ Sirohi, H.C. Rada Krishna - Mechanical Measurements - Ed. Wiley & Sons.
- ✓ Worthing, Geffner - Elaborazione dei dati sperimentali - Ed. Ambrosiana, Milano.
- ✓ Automotive Handbook - Bosch GmbH
- Test Methods for Rating Motor, Diesel, Aviation Fuels - Annual ASTM Standards.

## ESAME

All'esame occorre portare le relazioni scritte di TUTTE le esercitazioni svolte durante il corso, sia in aula che in laboratorio, anche quelle a cui si fosse stati assenti, e su TUTTE bisogna essere preparati a rispondere.

L'esame consiste in una PROVA ORALE su argomenti trattati a lezione, a esercitazione e nelle esperienze di laboratorio.

In genere alle domande è necessario rispondere a voce e per iscritto (con frasi di testo, formule, schemi, diagrammi e tutto quanto si ritiene pertinente e opportuno al fine di illustrare in maniera chiara, organica, rapida ed efficace gli argomenti in oggetto).

## La valutazione dell'impatto ambientale

La VIA come strumento di supporto alle decisioni in campo ambientale; analisi della legislazione italiana ed internazionale (DPCM 27/12/88)

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Misure di inquinamento acustico, di qualità dell'aria, di benessere termoisometrico, di illuminotecnica. Esercitazioni numeriche sugli argomenti svolti a lezione, con particolare attenzione alla normativa ed alla legislazione vigente.

## BIBLIOGRAFIA

Appunti del corso.

- Henry C. Perkins, *Air Pollution*, McGRAW-HILL KOGAKUSHA LTD (2 copie)

- Harris C.M., *Manuale di controllo del rumore*, Tecniche Nuove, 1983 (2 copie)

Testi ausiliari

- G. Alfano, F. D'ambrosio, F. DÈ Rossi, *Fondamenti di benessere termoisometrico*, CUEN, Napoli (2 copie)

## ESAME

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

## ESAME

La valutazione dell'impatto ambientale è un processo complesso che richiede un'analisi multidisciplinare. L'esame si svolgerà in una discussione sul lavoro di esercitazione eseguito, accompagnata da richiesta di approfondimento teorico di alcuni argomenti così come sviluppati a lezione.

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella preparazione di relazioni tecniche dei differenti contenuti. Gli argomenti trattati dovranno quindi essere presentati in modo esauriente evitando la forma cop

## **P5440      TECNICA DELLA SICUREZZA AMBIENTALE**

Anno: 5

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni: 75      esercitazioni: 30      laboratori: 8

Docente:

**Norberto PICCININI** (collab.: **Guido SASSI**)

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

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**

#### *Incidenti e rischi nelle attività umane [10 ore]*

Infortunati 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. Indagini su incidenti occorsi.

Metodi di studio dei rischi nelle attività antropiche (Impianti industriali e grandi opere infrastrutturali) [5 ore]. Metodi basati sul giudizio ingegneristico (indici di rischio, check list). Approccio storico a mezzo banche dati incidenti.

#### *Valutazione probabilistica dei rischi [26 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.

#### *Principi e metodi dell'affidabilità tecnologica [14 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.

#### *Valutazione degli errori umani [4 ore]*

Cause e tipi di errore umano. Modelli e dati per la stima dell'affidabilità umana.

#### *Gestione del rischio [8 ore]*

Fasi della gestione dei rischi. Sistemi di gestione della sicurezza (Safety audits, Environmental audits).

#### *Danni all'ambiente [8 ore]*

Uso irrazionale delle risorse cattiva gestione del suolo e dei reflui (solidi, liquidi e gassosi).

### **LABORATORI E/O 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:

1. Costituzione di un prototipo di Banca Dati Incidenti e Analisi di Pericolosità.
2. Applicazioni delle differenti metodologie di analisi dei rischi.
3. Elaborazione di una specifica per omologazione di un prototipo.
4. Analisi delle relazioni cause-effetti su un componente di macchina uscito di servizio.
5. Relazione dettagliata su un tema ambientale o di sicurezza di interesse dell'allievo.

Saranno organizzate esperienze pratiche di esercitazioni antincendio da effettuarsi in un campo prove esterno al Politecnico.

## 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. (1 copia)
- S. Messina, N. Piccinini, G. Zappellini, *Valutazione probabilistica di rischio*, 3ASI. (3 copie)
- D.A. Crowl, J.F. Louvar, *Chemical process safely*, 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).

## **P5450      TECNICA DELLA SICUREZZA ELETTRICA**

Anno: 5                                      Periodo: 1  
Impegno (ore sett.)                      lezioni: 6                                      esercitazioni: 2  
Docente:                                      **Vito CARRESCIA**

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

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**

*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. Il rapporto tra norme di legge e norme di buona tecnica. Applicabilità delle norme agli impianti preesistenti. Alcuni dati statistici sugli infortuni elettrici. [8 ore]

*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]

*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]

*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]

*Isolamento funzionale, principale, supplementare, rinforzato.*

Definizione di massa. Curva di sicurezza. Massa estranea. Classificazione dei sistemi elettrici in relazione alla tensione. [4 ore]

*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]

*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]

*Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi IT.*

Sovratensioni per guasto resistivo e induttivo a terra. [2 ore]

*Protezione contro i contatti indiretti senza interruzione automatica del circuito.*

Trasformatore d'isolamento, apparecchi di classe seconda e di classe zero. [2 ore]

*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]

**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]

**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]

**Misure di protezioni particolari in ambiente medico.**

**Microshock.** Sicurezza delle apparecchiature elettromedicali. Elettrobisturi. [2 ore]

**Sezionamento e comando.** [4 ore]

Comando d'emergenza. Comando funzionale. L'interruttore generale. Interruzione per motivi non elettrici. Circuiti di comando: sicurezza contro l'azionamento intempestivo.

**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]

**Brevi richiami alla corrente di cortocircuito.**

Sollecitazioni termiche in condizioni di cortocircuito. Requisiti del dispositivo di protezione contro cortocircuito. [4 ore]

**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]

**Protezione dei motori contro il sovraccarico e il cortocircuito.**

Requisiti dell'alimentazione di sicurezza, con particolare riferimento all'illuminazione di sicurezza. [4 ore]

**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]

**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]

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Progetto dell'impianto di terra di una stazione di trasformazione. [4 ore]

Confronto e analisi delle misure di protezione contro i contatti diretti e indiretti. [4 ore]

Misure della resistenza di terra e delle tensioni di contatto di passo in una officina elettrica dell'ENEL. [4 ore]

Determinazione della lunghezza massima protetta di un circuito protetta da un fusibile. [4 ore]

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.

(2 copie)

## **P5470      TECNICA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE**

Anno: 5	Periodo: 2	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 4	esercitazioni: 4
Docente:	<b>Graziano CURTI</b> (collab.: <b>Francesca CURÀ</b> )	

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso ha l'obiettivo di riprendere e approfondire argomenti della Scienza delle Costruzioni con particolare riferimento a quelli che costituiscono il fondamento della progettazione di costruzioni meccaniche (strutture, impianti e recipienti in pressione). In esso vengono ricavate le relazioni teoriche di base che regolano lo stato di sollecitazione nelle costruzioni suddette.

Vengono inoltre presentate le normative piu' importanti del settore specifico e vengono anche illustrate con riferimento a casi pratici le modalità di applicazione delle stesse.

Il corso si propone in definitiva di fornire agli allievi le metodologie e le informazioni di base necessarie per la progettazione e la realizzazione delle costruzioni meccaniche sopra specificate.

### **REQUISITI**

Scienza delle Costruzioni

### **PROGRAMMA**

Argomenti delle lezioni.

Stato di tensione in un corpo. Direzioni e tensioni principali.

Ipotesi di rottura. Tensione equivalente.

Trave curva e spessa.

Piastre rettangolari inflesse.

Piastre circolari.

Gusci spessi.

Membrane. Volte sottili.

Involucri cilindrici, sferici; fondi ellittici.

Normativa VSR - Applicazione pratica.

Normative UNI 10011 e 7670 - Applicazioni.

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

La prima parte delle esercitazioni consiste nello svolgimento in aula di esercizi riguardanti gli argomenti trattati a lezione.

La seconda parte delle esercitazioni comprende lo svolgimento di calcoli di verifica di strutture piu' complesse.

Argomenti delle esercitazioni.

Esercizi di ripasso di Scienza delle Costruzioni

Cerchi di Mohr. Tensioni principali. Ipotesi di rottura. Esercizi.

Tensioni tangenziali nelle travi inflesse. Calcolo curve isostatiche. Esercizi.

Travi curve. Esercizi.

Calcoli di verifica di gru monorotaia per denuncia ISPESL.

Calcoli di verifica di giunzioni saldate. Esercizi.

Piastre circolari. Esercizi.

Calcoli di verifica di un condensatore





Le serie storiche: trend e componenti della serie. Metodi previsionali: curva ad occhio, media mobile, metodi regressivi, exponential smoothing. .

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

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

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni consistono nello svolgimento di esercizi relativi ai temi trattati in modo teorico a lezione. Alcune esercitazioni comprendono sia la spiegazione teorica dell'argomento che l'applicazione pratica (es. il modulo propedeutico alla pianificazione dei trasporti).

## **BIBLIOGRAFIA**

Per ogni argomento verranno fornite le dispense e l'indicazione bibliografica ed il testo di pubblicazioni in tema.

*Testi ausiliari:*

✓ Mario Del Viscovo: "Economia dei Trasporti" UTET; (2 copie)

✓ Vincenzo Torrieri: "Analisi del sistema dei trasporti" FALZEA, Reggio Calabria; (3 copie)

✓ Marino De Luca: "Tecnica ed Economia dei Trasporti" CUEN, Napoli.

## **ESAME**

Prova d'esame scritta e orale.

*Esame scritto:* risoluzione di esercizi su argomenti trattati nelle esercitazioni, senza possibilità di consultazione di testi e appunti.

1. È previsto un accertamento a fine corso che permette di non sostenere la prova scritta, qualora risultati sufficienti.

Tale accertamento è valido per l'intero anno accademico.

2) Per ciascuna sessione d'esame vi sarà una sola prova scritta nel primo appello che darà la possibilità di sostenere la prova orale in qualsiasi appello della medesima sessione.

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

## PA934 TECNICHE DI GIUNZIONE E MONTAGGIO (r)

Anno: 5	Periodo: 2		
Impegno (ore sett.):	lezioni: 8	esercitazioni:	laboratori:
Docente:	da nominare		

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

L'allievo, al termine di questo corso, avrà acquisito la conoscenza delle tecniche impiegate nella moderna industria autoveicolistica per l'assemblaggio delle carrozzerie e sarà in grado di dimensionare, in via di larga massima, i servizi necessari alle linee di montaggio.

### REQUISITI

Corsi di : Tecnologia meccanica, Meccanica applicata

### PROGRAMMA

Lavorazione delle lamiere (10 ore)

1. Richiami alle tecniche di stampaggio delle lamiere
2. Gli stampi per le carrozzerie
3. Processo di progettazione di uno stampo
4. Esempi di stampi
5. Macchine e linee automatiche di stampaggio

I metodi di assemblaggio (12 ore)

1. La saldatura: Considerazioni generali  
Saldatura con arco elettrico: con elettrodo ricoperto, TIG, MIG e  
Saldatura a resistenza: per punti e a rullo  
Saldatura LASER
2. L'incollaggio
3. La rivettatura (tradizionale, autoporforante)
4. Il clinching

Linee di assemblaggio (20 ore)

1. Architettura generale di una linea di assemblaggio lamiera
2. I robot
3. I sistemi di movimentazione
4. I sistemi di controllo e gestione
5. Archetipi di linee di assemblaggio: alcuni esempi

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI (12 ORE)

- Visita officina costruzione stampi COMAU e reparto presse FIAT
- Visita a UTS
- Visita a linee di assemblaggio

### ESAME

Accertamento finale scritto e successivo colloquio orale



## 6. Problematiche di interfacciamento [4 ore]

- Interfacce tra sistemi CAD/CAM/CAE/CAPE
- I principali standard grafici: IGES, STEP, STL, VDA-FS.;
- Interfacciamento tra sistemi CAD e le macchine di prototipazione rapida.

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni svolte presso il laboratorio di economia e produzione (LEP) vertono sui seguenti temi:

- Tecniche avanzate di modellazione per la costruzione di un modello parametrico di carrozzeria con le relative problematiche di assemblaggio e disassemblaggio;
- Applicazione della modellazione parametrica e per features, disegno di componenti, assemblaggio componenti con l'utilizzo di modellatori avanzati 3D (Catia);
- Simulazione di celle di produzione robotizzate con applicativo CAPE (Robcad);

Le esercitazioni sono finalizzate all'approfondimento di un argomento da effettuarsi in piccoli gruppi sotto la guida del docente con la stesura di una relazione da presentare in sede di esame.

E' inoltre prevista una visita presso un centro integrato di progettazione di componenti di carrozzeria.

## ESAME

La prova finale, orale, è organizzata in due fasi: la prima comprende gli argomenti trattati nelle lezioni mentre la seconda verte sulla discussione della relazione presentata e corretta dal docente. Ad ogni fase d'esame corrisponde una valutazione delle risposte fornite dall'allievo ed il voto finale risulterà dalla media delle due valutazioni suddette, purché ciascuna sia sufficiente.

## BIBLIOGRAFIA

- 1. E. Chirone, S. Tornincasa, Disegno Tecnico Industriale, vol. I e II ed. Il Capitello, Torino 1996.
- 2. Groover P. M., Zimmers E. W., CAD/CAM Computer Aided Design and Manufacturing, Prentice Hall, 1986. (2 copie)
- 3. Materiale fornito dai docenti.

Anno: 3	Periodo: 2		
Impegno (ore sett.)	lezione: 6	esercitazione: 1	laboratorio: 1
(ore totali)	lezione: 94	esercitazione: 10	laboratorio: 10
Docenti:	<b>Ignazio AMATO, Giorgio SCAVINO</b>		

**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si prefigge di fornire le conoscenze necessarie alla adozione dei materiali nelle costruzioni meccaniche.

**REQUISITI**

E' necessaria la conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Chimica.

**PROGRAMMA****TECNOLOGIA DEI MATERIALI/CHIMICA APPLICATA (PROF. I. AMATO)**

Impegno (ore): 45

**Struttura e microstruttura dei materiali.**

I solidi. L'ordine nei solidi. Cristalli e strutture cristalline. Solidi ionici, covalenti, metallici. Microstruttura. Difetti nei solidi: vacanze, interstiziali, dislocazioni. Diffusione. Energia superficiale. Bagnabilità. Macromolecole e polimeri.

**Testo di riferimento.**

✓ I. Amato, L. Montanaro: "Lezioni dal corso di Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici", Vol.1, "La scienza dei ceramici", Cortina Editore, 1995.

**Equilibri e trasformazioni di fase.**

Regola delle fasi. Diagrammi di stato binari.

**Testo di riferimento.**

✓ C. Brisi: "Chimica Applicata", Levrotto e Bella, 1982.

**Proprietà dei materiali.**

Proprietà fisiche: punto di fusione, densità, conducibilità e dilatazione termica, conducibilità elettrica. Proprietà meccaniche: comportamento a trazione, comportamento elastico, forze di ritrazione, coefficiente di Poisson, elasticità entropica ed elasticità entalpica, comportamento plastico, incrudimento, elementi di meccanica della frattura, sforzo critico per frattura fragile, sforzo critico per frattura duttile, fattore di intensificazione degli sforzi (K), calcolo di  $K_{Ic}$ , fatica, creep, durezza.

**Testo di riferimento.**

- W. Kurz, J.P. Mercier, G. Zambelli: "Introduzione alla scienza dei materiali", Hoepli, 1994. (1 copia)

**Materiali ceramici.**

Classificazione. Sinterizzazione. Polveri. Additivi. Formatura. Allumina, Zirconia, Nitruro e Carburo di Silicio. Rivestimenti. Cermet ed utensili da taglio. Vetro e Vetro-Ceramici. Fibre di vetro.

**Testo di riferimento.**

✓ I. Amato, L. Montanaro: "Lezioni dal corso di Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici", Vol.1, Vol.2, Vol.3 (in stampa), Cortina Editore, 1996, '97, '99.

**Combustibili e lubrificanti.**

Petrolio: caratteristiche. Distillazione. Cracking. Reforming. Raffinazione. Caratteristiche combustibili. Potere calorifico. Aria teorica di combustione. Temperatura teorica di combustione. Potenziale termico. Temperatura di ignizione. Limiti di infiammabilità. Analisi dei fumi.

Combustibili liquidi: Benzine. Gasolio. Cherosene. Oli combustibili.

Lubrificanti: Oli base. Additivi.

**Testo di riferimento.**

- ✓ C.Brisi: "Chimica Applicata", Levrotto e Bella, 1982.

**Materiali polimerici.**

Classificazione e proprietà. Additivi. Processi di trasformazione. Materiali termoplastici: PE, PP, PVC, PA, PMMA, PS, SB, ABS, PET, PBT. Materiali termoindurenti: fenolici, poliesteri, epossidici. Materiali elastomerici (mescole di gomme), caratteristiche e processi: IR, NR, BR, SBR, PUR, Q.

**Testo di riferimento.**

- ✓ 1) W.Hellerich: "Prontuario Materie Plastiche", Tecniche Nuove Ed., 1983. (o come)  
✓ 2) K.Nagdi: "Manuale della Gomma", Tecniche Nuove Ed., 1987. (o come)

## ESAME

Orale su programma svolto, integrato con parte relativa al corso di Tecnologia dei Materiali Metallici svolta dal Prof. G.Scavino.

## **P5640      TECNOLOGIA MECCANICA**

Anno: 4	Periodo: 1		
Impegno (ore)	lezione: 80	esercitazione: 10	laboratorio: 10
Docenti:	<b>Rosolino IPPOLITO (I corso), Augusto DE FILIPPI (II corso)</b>		

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Scopo del Corso è di fornire una buona conoscenza dei principali processi di trasformazione dei materiali utilizzati dall'industria per la fabbricazione di pezzi meccanici. La parte iniziale del Corso è dedicata alla descrizione delle tecnologie usate per la produzione di semilavorati con geometria definita ovvero indefinita. La parte centrale, dopo la trattazione dell'ottimizzazione delle condizioni di taglio in vista dell'ottenimento di obiettivi economici definiti, si occupa del Controllo Numerico, visto come metodo per l'automazione delle lavorazioni meccaniche. L'ultima parte infine tratta la saldatura e alcuni processi non convenzionali di lavorazione.

### **REQUISITI**

Il Corso è strettamente collegato con i Corsi di *Disegno tecnico industriale*, di *Disegno di macchine/Tecnologia meccanica* e di *Tecnologia dei materiali metallici*. Essenziale è infatti la lettura del disegno e la conoscenza delle principali lavorazioni meccaniche con le relative macchine utensili. E' inoltre richiesta la conoscenza di alcuni argomenti trattati nei Corsi di *Meccanica applicata* (trasmissione del moto, attrito di strisciamento e di rotolamento, ruote dentate, vibrazioni di sistemi a più gradi di libertà) e di *Scienza delle costruzioni* (teoria delle travi, cerchi di Mohr, teorie di Tresca e di Von Mises).

### **PROGRAMMA**

#### **I MODULO: PROCESSI DI FUSIONE E DI DEFORMAZIONE PLASTICA**

##### **a. Introduzione al Corso. Processi di fabbricazione per fusione.**

Si illustrano gli elementi generali delle tecnologie di fonderia e i diversi metodi di formatura in forma transitoria e in forma permanente. Gli argomenti trattati sono la solidificazione dei metalli (ritiro, materozza, dimensionamento del modello), le fusioni in forma transitoria (in terra, *cold box*, *shell moulding*, microfusione), le fusioni in forma permanente (in conchiglia a gravità e sotto pressione, fusione centrifuga).

##### **b. Lavorazioni per deformazione plastica.**

Dopo aver illustrato il comportamento dei materiali metallici in campo plastico si introducono i concetti elementari della teoria della plasticità attraverso l'uso delle ipotesi di Tresca e Von Mises. Si procede poi alla illustrazione delle varie tecnologie di lavorazione dei metalli per deformazione plastica: laminazione, estrusione, trafilatura, stampaggio, lavorazioni delle lamiere (tranciatura, piegatura, imbutitura, stiramento, calandratura), e per ciascuna di esse si forniscono formule semplificate per il calcolo delle variabili principali.

#### **II MODULO: MACCHINE UTENSILI A CONTROLLO NUMERICO, SALDATURA, PROCESSI FISICO-CHIMICI**

##### **a. Aspetti economici delle lavorazioni meccaniche.**

Sono spiegati i criteri seguiti per l'ottimizzazione dei dati tecnologici nelle lavorazioni con asportazione di materiale con riferimento ai criteri di minimo costo, di massima produzione e di massimo tasso di profitto.

##### **b. Macchine utensili a Controllo Numerico.**

Il Controllo Numerico rappresenta oggi la tecnica fondamentale seguita per l'automazione delle macchine utensili. Le lezioni forniscono un quadro generale di questa tecnica con riferi-

mento agli aspetti hardware e software: generalità sul Controllo Numerico; struttura e componentistica meccanica (comportamento dinamico della macchina utensile, guide, mandrini, servomotori elettrici ed idraulici, trasduttori, dispositivi di cambio utensile e di cambio pezzo); unità di Governo; tipologia delle macchine a CN (macchine di tipo *stand alone*, celle di lavorazione, linee flessibili (FMS), robot e AGV).

### c. Processi di saldatura.

Si tratta di un cenno sulle diverse metodologie di saldatura e sui problemi connessi con l'uso di questa tecnica di assemblaggio.

Saldatura autogena ossiacetilenica. Saldatura autogena ad arco: con elettrodo rivestito, TIG, MIG, MAG, ad arco sommerso, con plasma. Saldatura autogena elettrica per resistenza. Saldatura eterogena: brasatura e saldo-brasatura. Difettologia dei giunti saldati.

### d. Processi chimico-fisici di lavorazione.

L'ultima parte del Corso è dedicata a un esame dei processi non convenzionali di lavorazione, alcuni dei quali peraltro sono divenuti di largo impiego in alcuni settori dell'industria meccanica tradizionale mentre altri rimangono confinati in settori specialistici. Più diffusamente vengono illustrate l'elettroerosione (EDM) e le lavorazioni con LASER.

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Entrambi sono dedicati soprattutto alla programmazione di macchine a CN e sono svolti con l'aiuto di studenti coadiutori, sotto la guida di un Ricercatore. Le Esercitazioni prevedono la programmazione a tavolino, mentre i Laboratori sviluppano la parte applicativa su macchine utensili. Il programma dettagliato è fornito ogni anno all'inizio del Corso in funzione delle disponibilità del Laboratorio del Dipartimento. Al termine di ciascuna esercitazione lo studente è tenuto a redigere una breve relazione utilizzando programmi di WP e di CAD.

## BIBLIOGRAFIA

### Teoria ed aspetti generali

- Appunti del Docente

- ✓ F. GIUSTI, M.SANTOCHI, Tecnologia meccanica e studi di fabbricazione, Editrice Ambrosiana, Milano
- S. KALPAKJIAN, Manufacturing Engineering and Technology, Addison-Wesley Publishing Company *(copia fatto MVS)*

### Macchine utensili

- ✓ A. SECCIANI, G.VILLANI, Produzione metalmeccanica. Vol.2, Cappelli Editore, Bologna
- ✓ A. BARTORELLI, Controllo numerico e automazione, Gruppo Editoriale Stammer, Milano.

## ESAME

La prova finale si articola in due parti: una scritta e una orale. La prova scritta comprende argomenti di teoria, esercizi di calcolo, lo sviluppo di un ciclo di fabbricazione o di un ciclo di lavorazione su macchina a CN. Il raggiungimento di una valutazione sufficiente su tale parte è essenziale al fine del superamento dell'esame. La prova orale inizia con la discussione dell'elaborato e prosegue con un colloquio che può toccare argomenti dell'intero programma del Corso.

## P5700 TECNOLOGIE INDUSTRIALI (TESSILI)

Anno: 5                      Periodo: 1  
Impegno (ore totali)    lezioni: 50            esercitazioni: 50  
Docente:                    **Franconio TESTORE**

---

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di studiare i principali processi tecnologici in cui si articola la trasformazione delle fibre e dei fili in tessuto finito, i cicli di lavorazione e le condizioni ambientali per il loro razionale svolgimento, e di mettere i giovani futuri ingegneri a contatto con la realtà industriale per mezzo di visite a stabilimenti e laboratori e di esercitazioni su problemi pratici.

### PROGRAMMA

L'insegnamento si divide in tre parti principali, concernenti a grandissime linee la formazione del filato, la formazione di superfici tessili piane, la nobilitazione dei filati e dei tessuti, oltre ad alcuni argomenti complementari. Di ciascuna parte vengono illustrate le esigenze di carattere tecnologico che influenzano la progettazione, il *layout*, le condizioni ambientali.

#### Formazione del filato

Classificazione delle fibre. Tecnologia della cardatura, della pettinatura, della filatura. Ciclo cardato e pettinato per fibre a taglio laniero ed a taglio cotoniero. Trattamenti tessili ai cavi di filatura chimica (*tow*) e di fili continui artificiali e sintetici (torcitura, testurizzazione, ecc.). Operazioni successive alla filatura.

#### Tecnologia generale di tessitura

Preparazione dell'ordito. Principali tipi di telai, tessuti a trama e catena, a maglia, non tessuti.

#### Nobilitazione

Rifinitone, classificazione e scopi delle principali operazioni. Finissaggio dei tessuti lanieri, cotonieri, serici, di fili sintetici. Tintura e stampa, cenni sulle fasi dei cicli e sulle principali macchine.

Analisi di laboratorio e controlli in reparto

Controlli tecnologici, illustrazione delle prove più importanti (scopi, metodologia, apparecchiature, ecc.) che si compiono su fibre, fili e filati, tessuti.

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni alternano visite e prove sperimentali presso aziende tessili, chimico-tessili e mecano-tessili e presso laboratori pubblici e privati, alla elaborazione presso il Politecnico dei risultati sperimentali e nella discussione delle relazioni compilate con i dati raccolti.

### BIBLIOGRAFIA

- F. Testore, Tecnologia della filatura, Vol. 1 e 2, Elsa, 1975.

- Manuale di tecnologia tessile, Cremonese, Roma, 1981.

Bollettini dell'International Textile Service, Zurigo.

Journal of the Textile Institute, Manchester.

F. Testore, Nel segno dell'ITMA 83, Nuove Tecniche Editoriali, Milano, 1984.

F. Testore, Quo vadis, mecatronic ITMA 87, NTE, Milano, 1988.

F. Testore, Dispense di Tecnologie industriali tessili, 1993-95.

### ESAME

Gli esami sono svolti oralmente, della durata di un'ora circa. Generalmente allo studente vengono rivolte tre domande sugli argomenti illustrati durante il corso; egli deve anche essere in grado di schizzare le macchine e le apparecchiature oggetto di domanda. Inoltre egli deve dimostrare di conoscere bene cicli e macchinari delle aziende di cui ha redatto le relazioni successivamente alle visite.

## **P5710      TECNOLOGIE METALLURGICHE**

Anno: 5	Periodo: 2		
Impegno (ore totali):	lezioni: 60	esercitazioni: 20	laboratori: 14
	Visite ad industrie 16		
Docente:	<b>Mario ROSSO</b>		

### **I MODULO: PROCESSI DI FORMATURA**

Impegno (ore totali)	lezioni: 40	esercitazioni: 10	visite ad industrie: 12
----------------------	-------------	-------------------	-------------------------

**DEFORMAZIONE:** a caldo, in semicaldo ed a freddo, richiami dei fondamenti teorici. Fucinatura, stampaggio, estrusione diretta ed inversa, trafilatura, laminazione, formatura delle lamiere sottili. Tensioni residue e difetti più comuni dopo lavorazione, leghe assoggettabili ai processi di deformazione plastica, proprietà e caratteristiche dei pezzi ottenuti, controllo qualità.

**FONDERIA:** richiami ai principi di solidificazione delle leghe. Diagramma di flusso e ciclo di lavorazione tipico di una fonderia. Modelli, forme ed anime, modalità di formatura e processi speciali di formatura. Colata in gravità e centrifuga, pressocolata. Formatura di leghe e compositi allo stato semisolido: processi tipo Rheocasting e Thixoforming. Lavorazioni di finitura e controllo dei getti, leghe tipiche da fonderia e loro settori di impiego, assicurazione della qualità.

**METALLURGIA DELLA POLVERI:** analisi del ciclo completo di produzione dei sinterizzati. Polveri, produzione, miscelazione, compattazione e forme limiti ottenibili. Aspetti termodinamici del processo di sinterizzazione, forni e atmosfere di sinterizzazione. Processi particolari di compattazione, pressatura isostatica a freddo ed a caldo, powder injection molding. Lavorazioni secondarie dei sinterizzati: trattamenti termici, calibrazione, infiltrazione e impregnazione. Metalli e leghe idonei al processo, loro caratteristiche ed applicazioni. controllo qualità e finitura.

### **II MODULO: TECNICHE DI GIUNZIONE E RIPORTI SUPERFICIALI. CRITERI DI SCELTA E ANALISI DEI COSTI**

Impegno (ore totali)	lezioni: 20	esercitazioni: 10	visite ad industrie :4
----------------------	-------------	-------------------	------------------------

Processi di saldatura e metallurgia della saldatura. Brasatura. Giunzione mediante collanti. Verifica e controllo delle giunzioni. Riporti superficiali: mediante proiezione a fiamma, a plasma e HVOF, riparazione di componenti e rivestimento di componenti per migliorare le resistenze a corrosione e ad usura. Progetto di un processo di formatura, progetto degli utensili, fattori di forma, confronti tra le differenti tecnologie, alternative e criteri di scelta. Ottimizzazione tecnico economica ed indici di costo.

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Durante il corso sarà svolta una esercitazione monografica, frazionabile in funzione dei crediti relativi alle due unità didattiche in cui è divisibile il corso. L'argomento dell'esercitazione riguarda l'esame di un componente funzionale con analisi delle singole parti componenti, individuazione dei materiali più appropriati per la loro fabbricazione, scelta del processo di formatura e progettazione del ciclo di produzione. I tradizionali calcoli di progetto riferiti ai singoli processi, saranno supportati anche da modellizzazioni stess e saranno svolte analisi economiche, con valutazione dei costi e confronti tecnico-economici tra diverse ipotesi alternative. Le prove in laboratorio riguardano le caratteristiche di formabilità, l'esame delle proprietà e delle caratteristiche microstrutturali dei materiali assoggettati alle diverse tecnologie, osservazione e analisi di pezzi finiti.

Il corso sarà integrato con visite ad industrie operanti nei settori delle lavorazioni per deformazione plastica, a caldo ed a freddo, della fonderia, della sinterizzazione e dei rivestimenti.

## BIBLIOGRAFIA

G. Dieter, **Mechanical Metallurgy, McGraw.Hill, Tokio, 1988.** R.A. Higgins, Engineering Metallurgy, Vol 1 e 11, ELBS, Kent, 1986. E. Mosca, Metallurgia delle polveri, AMMA, Torino, 1983. Appunti del corso. (2 con)

## ESAME

L'esame consiste in una prova orale nella quale si considerano e si discutono i procedimenti industriali ritenuti più appropriati per la produzione industriale di particolari specifici.



## II MODULO: MACCHINE AUTOMATICHE E LORO ATTREZZAGGIO

### a. Macchine utensili con automazione rigida o ibrida.

Macchine utensili con automazione rigida: torni automatici plurimandrino e loro evoluzione verso il Controllo Numerico con soluzioni ibride, macchine con teste operatrici multiple, linee a trasferimento rigide e flessibili.

### b. Criteri per l'uso ottimale e per l'attrezzaggio delle macchine utensili.

Ottimizzazione delle condizioni di taglio in presenza di vincoli (leggi non tayloriane per la durata dell'utensile, limiti posti dal sistema formato da macchina utensile - utensile - pezzo).

Attrezzature di lavorazione: classificazione e campi di utilizzo, componenti caratteristici e loro costruzione, attrezzature modulari e la loro progettazione automatica con l'integrazione CAD-Sistema Esperto.

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Il programma delle Esercitazioni potrà subire variazioni dettate da esigenze didattiche e organizzative. In linea di massima si prevedono i temi seguenti:

Applicazioni dei concetti DFM e DFA.

Analisi di uno stampo per l'iniezione della plastica con valutazione analitica delle voci di costo e del numero ottimale delle impronte.

Stage presso aziende per l'analisi di processi produttivi con stesura di una relazione tecnica.

Studio di una linea rigida a trasferimento.

Progettazione di componenti di attrezzature di bloccaggio.

Visite di impianti produttivi presso Aziende.

## BIBLIOGRAFIA

- Appunti del Docente

- S. Kalpakjian, *Manufacturing Engineering and Technology*, Addison-Wesley (MVS)

- M. Rossi, *Attrezzature meccaniche e lavorazioni in serie*, Tecniche nuove.

## ESAME

Non essendo previsti accertamenti durante il Corso esiste unicamente l'esame finale che prevede la sola prova orale. Alla valutazione contribuisce il giudizio sulle relazioni preparate durante le Esercitazioni.



## BIBLIOGRAFIA

Durante il corso vengono distribuite le fotocopie dei temi svolti nelle lezioni e nelle esercitazioni.

Per un ulteriore approfondimento degli argomenti trattati si consigliano i seguenti testi:

- √ A. Carpinteri - *Scienza delle Costruzioni* - Pitagora Editrice - Bologna (In particolare per allievi meccanici)
- ~ P. Bocca - A. Carpinteri - *Danneggiamento e diagnosi di materiali e strutture* - Pitagora Editrice - Bologna (2 copie)
- √ S. Mastrodicasa - *Dissesti statici delle strutture edilizie* - 9° edizione - U. HOEPLI editore - Milano
- ~ B. Barbarito - *Collaudo e Risanamento delle Strutture* - UTET - Torino (1 copia)

## ESAME

L'esame comprende una prova orale sugli argomenti trattati nel corso. Per poter conseguire la massima votazione occorre dimostrare di aver approfondito e svolto anche i temi contenuti nelle esercitazioni.

## NOTE

Nell'ambito delle attività del corso sono previsti dei seminari, in data da destinarsi, curati da specialisti.

La frequenza ai seminari ed esercitazioni di Laboratorio è obbligatoria per gli allievi Civili ed Edili.

## PA530 TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN ACCIAIO

Anno: 4

Periodo: 1

Programma non pervenuto

## **P5880      TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE**

Anno: 5	Periodo: 2		
Impegno (ore sett.)	lezione: 4	esercitazione: 2	laboratorio: 2
(ore totali)	lezione: 50	esercitazione: 50	ore di studio: 200
Docente:	<b>Mario VILLA</b> , collab.: <b>Francesco LANNELLI</b> (DITIC, tel. 564.5603; orario di ricevimento: lun 10.30-12.30, mer 8.30-10.30, oppure qualsiasi giorno previa telefonata)		

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di fornire le conoscenze teoriche e le tecniche applicative necessarie ad affrontare e risolvere i principali problemi relativi al traffico e alla circolazione delle persone e dei veicoli sia nella fase di formazione della domanda di spostamento che nella fase di movimento e sosta. Si affrontano altresì gli argomenti della modellizzazione dei fenomeni della mobilità urbana, delle tecniche per la pianificazione della circolazione, delle indagini sulla domanda di spostamenti avendo come riferimento la redazione dei Piani Urbani del Traffico previsti dal Codice della strada e dalla sua normativa. con riferimento agli obiettivi che lo stesso codice delinea (fluidità, sicurezza, qualità dell'ambiente, riduzione dell'inquinamento). Infine vengono trattate le questioni della applicazione dei piani e delle procedure di valutazione di efficacia ed efficienza delle politiche adottate.

### **REQUISITI**

Opportuna la frequenza di "Tecnica ed economia dei trasporti" (4° anno).

### **PROGRAMMA**

#### **I MODULO: MOBILITA' TERRITORIALE E URBANA E MODELLISTICA INTEGRATA**

Impegno (ore)      lezione: 11      esercitazione: 9      ore di studio: 42

##### ***La domanda di mobilità territoriale e urbana (4 ore)***

Le relazioni fra il sistema economico e territoriale e la mobilità .

La crescita dei sistemi urbani: lavoro, residenze e servizi. La mobilità delle merci.

##### ***L'interazione spaziale e la domanda di mobilità .(4 ore)***

La generazione della mobilità : Le indagini O/D diverse scale territoriali e urbane. Le indagini ISTAT

I fenomeni gravitazionali e interattivi. I fenomeni accrescitivi e dissuasivi. La distribuzione degli spostamenti sul territorio e alla scala urbana e territoriale.

##### ***Il comportamento dell'utente.(3 ore)***

La scelta dei percorsi e la scelta dei modi di trasporto. La scelta economica. I modelli di costo e di costo generalizzato, i modelli di opportunità . modelli probabilistici. Il modello LOGIT. Le tecniche previsionali. Le stime e la valutazione delle stime. La ricerca dei dati, la stima delle matrici.

#### **II MODULO: TECNICHE PER LA REGOLAZIONE DELLA CIRCOLAZIONE, DEI PERCORSI E DELLE INTERSEZIONI**

Impegno (ore)      lezione: 19      esercitazione: 31      ore di studio: 100

##### ***Il sistema dell'offerta e le teorie del deflusso (3 ore)***

L'offerta di infrastrutture e di servizi di trasporto.. La teoria della capacità delle strade. Teoria del deflusso ininterrotto. Modelli di deflusso deterministici, stocastici, di regressione lineare ecc.

### *Il deflusso ininterrotto sulle grandi infrastrutture e nella circolazione urbana (3 ore).*

Tecniche di stima della capacità delle sezioni stradali. Il manuale HCM - Tecniche e tecnologie di rilevazione di flussi di traffico, il trattamento dei dati e la formazione degli archivi.

### *La regolazione delle intersezioni e dei percorsi. (4 ore)*

Le intersezioni e il flusso interrotto - la geometria delle intersezioni: a raso, a più livelli. La regolazione delle intersezioni: la regolazione passiva e la regolazione attiva. Principi di regolazione: il software applicativo. La teoria del flusso veicolare interrotto: gli itinerari regolati con sistemi semaforici, il software applicativo.

La teoria della tariffazione della strada "road pricing" e dell'"area o urban pricing".

### *Le rotatorie (3 ore)*

Le rotatorie a flusso continuo e a precedenza. Studio e progettazione delle rotatorie. Inserimento delle rotatorie nei percorsi regolati. La regolazione semaforica delle rotatorie

### *La circolazione dei mezzi pubblici. (2 ore)*

La presenza simultanea e differenziata della circolazione dei mezzi di trasporto collettivo. Le stazioni, Le fermate,

### *La sosta. (2 ore)*

Stima della domanda e dell'offerta nelle diverse tipologie. La pianificazione delle strutture fisse e la gestione degli impianti. La tariffazione della sosta

### *La valutazione delle politiche sul traffico. (2 ore)*

L'analisi C/B. La VIA applicata al traffico e alla circolazione. La considerazione delle variabili economiche e territoriali. L'analisi M/C. I sistemi multipreferenziali e le tecniche di valutazione.

## **III MODULO: EFFETTI DELLA CIRCOLAZIONE VEICOLARE: AMBIENTE, SICUREZZA.NORMATIVE**

Impegno (ore) lezione: 20 esercitazione: 10 ore di studio: 60

### *La segnaletica stradale: l'efficacia e la visibilità. (4 ore)*

Il posizionamento, il distanziamento, il dimensionamento, i caratteri, i colori. Il codice della strada. Segnaletica pubblicitaria.

### *Tecniche di "TRAFFIC CALMING" e di circolazione specializzata. (2 ore)*

La circolazione pedonale. La circolazione ciclabile. La tutela dei soggetti deboli nella circolazione

### *La sicurezza e l'incidentalità. (4 ore)*

L'analisi della sicurezza, la rilevazione degli incidenti, la statistica e la casistica incidentale. L'organizzazione del rilevamento e della archiviazione dei dati incidentali.

### *La questione ambientale. (6 ore)*

La normativa - le emissioni di inquinanti atmosferici e sonori.

La modellistica di simulazione. Le normative della CEE e nazionali.

L'impatto ambientale e le misure di mitigazione

La V.I.A. per il traffico e la circolazione

### *La legislazione e la normativa sul traffico e la pianificazione. (4 ore)*

Il Nuovo codice della strada e l'art.36. La circolare 2575/1984. Le Direttive per la redazione dei Piani urbani del traffico. La legislazione ambientale e per la fluidificazione della circolazione. La legge n.122/1989 per la redazione dei Programmi urbani dei parcheggi.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni sono articolate in 3 sezioni principali propedeutiche e applicative: Elementi di statistica e introduzione ai modelli di traffico: [9 ore]

Pianificazione integrata della circolazione, delle intersezioni e dei percorsi con software applicativo e rilevazioni sul campo: [31 ore]

Studi sulla sosta, sulla sicurezza, sulle emissioni e sull'ambiente: [10 ore]

Le esercitazioni prevedono fasi di ricerca dati sul campo e di elaborazione dei dati in laboratorio informatico.

## BIBLIOGRAFIA

Il materiale didattico, testi in fascicoli, copie di slides e varie; sarà distribuito nel corso delle lezioni e delle esercitazioni. Sono inoltre testi di riferimento:

- ✓ M. Olivari: "Elementi di Teoria e tecnica della circolazione stradale" - F. Angeli Editore - (2 copie)
  - ✓ M. Villa: "Tecnica del traffico e della circolazione" (in fotocopia).
  - ✓ M. Villa: "Elementi di economia urbana" (in fotocopia).
  - M. De Luca e V. Astarita: I Piani urbani del traffico. Franco Angeli (1 copia)
- Manuale HCM, Manualistica per il software applicativo  
Altra manualistica in fotocopia.

## ESAME

Le esercitazioni vengono concluse con la predisposizione di un lavoro di squadra che percorre gli argomenti principali del corso con l'utilizzazione di strumenti e tecniche di rilievo ed elaborazione al computer anche a casa.

La valutazione viene effettuata sulla qualità della esercitazione e del lavoro svolto e presentato e sull'esame orale



## P6030 TRASMISSIONE DEL CALORE

Anno: 4	Periodo: 1		
Impegno (ore totali):	lezioni: 60	esercitazioni: 40	laboratori: 12
Docente:	<b>Emilio Cafaro</b>		

### REQUISITI

Fisica tecnica

### PROGRAMMA

Vengono riesaminati alcuni problemi elementari, indicando la metodologia di formulazione, con un breve richiamo alla soluzione di equazioni differenziali ordinarie. Vengono presentate le tecniche analitiche di soluzione (*separazione delle variabili, combinazione complessa, trasformate di Laplace*) di campi termici conduttivi monodimensionali nonstazionari e bidimensionali stazionari. Vengono illustrati i fondamenti del metodo numerico delle *differenze finite*, di cui si forniscono diverse metodologie di soluzione (Eulero, Crank-Nicolson, Laasonen) e del metodo degli *elementi finiti* (minimizzazione di funzioni, calcolo variazionale e approssimazione di integrali). Vengono poi introdotte le equazioni relative alla convezione forzata in regime laminare per alcune geometrie (lastra piana, condotti cilindrici, etc.) secondo la teoria dello strato limite (soluzioni di Blasius e Polhausen). Per le stesse geometrie si analizzano le soluzioni per regime di moto turbolento. Si riportano anche le correlazioni ricavate per diverse configurazioni in convezione naturale e forzata. Si analizzano alcuni problemi particolari di irraggiamento termico, quali i metodi per ricavare il flusso termico scambiato fra superfici grigie con mezzo assorbente e trasparente e in cavità. Vengono infine esaminati gli scambiatori di calore compatti, fornendo indicazioni sul calcolo della trasmittanza globale per alcune applicazioni tipiche. Si forniscono cenni su tecnologie innovative per lo scambio termico (tubi di calore). Una breve descrizione delle principali tecniche sperimentali per la misura delle principali grandezze termiche (temperature e flussi termici) completa il corso.

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

La parte applicativa viene svolta con l'ausilio di supporti informatici e quella sperimentale presso i laboratori didattici del Dipartimento di Energetica.

Esercitazioni numeriche su transienti termici in parete piana, campo termico bidimensionale stazionario con generazione interna, ed esercitazioni di laboratorio sulla misura di conduttività con lastra piana, misure termiche e di portata in scambiatori di calore.

### BIBLIOGRAFIA

- √ C. Bonacina, A. Cavallini, L. Mattarolo, *Trasmissione del calore*, CLEUP, Padova, 87.
- G. Guglielmini, C. Pisoni, *Elementi di trasmissione del calore*, Veschi, Milano, 1990. (1 copie)
- √ R. Mastrullo [et al.], *Fondamenti di trasmissione del calore*, Liguori, Napoli. (3 copie)
- O. Manca, V. Naso, *Complementi di trasmissione del calore*. EDISU, Napoli, 1991. (3 copie)
- O. Manca, V. Naso, *Applicazioni di trasmissione del calore*, EDISU, Napoli, 1989. (3 copie)

Vedi programma del corso integrato a Torino

## **PAS25 CHIMICA DEGLI ALIMENTI / PROCESSI DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE**

# **PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI IMPARTITI A MONDOVI**

Anno: 4  
Impegno (ore):  
Docente:

Periodo: 2  
Lingua, modalità  
di insegnamento:

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di integrare le conoscenze degli allievi con nozioni specifiche del settore agroalimentare, preparandoli ad una attività di progettazione e di gestione degli impianti.

### **PROGRAMMA**

#### **CHIMICA DEGLI ALIMENTI**

Composizione chimica degli alimenti. L'acqua, l'attività dell'acqua (6 ore).

Richiami di Chimica Inorganica. I sali minerali (4 ore).

Richiami di Chimica Organica (8 ore).

Gli acidi Grassi mono e digliceridi degli olii grassi, lipidi e gli steroli, le fosfolipidi (10 ore).

I glucidi mono, oligo e polisaccaridi (6 ore).

Le proteine (6 ore).

Le vitamine (2 ore).

Trasformazioni chimiche e biologiche naturali degli alimenti (6 ore).

Gli additivi chimici (4 ore).

#### **PROCESSI DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE**

Processi basati sull'uso del calore: pastorizzazione, sterilizzazione, appertizzazione, concentrazione, cristallizzazione, essiccazione (12 ore).

Processi basati sull'uso del freddo: concentrazione, liofilizzazione (8 ore).

Altri processi di liofilizzazione: processi a membrana (6 ore).

Operazioni di separazione (6 ore).

#### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni prevedono visite a stabilimenti e lo studio di un processo di produzione.

Vedi programma del corso impartito a Torino

**PA825 CHIMICA DEGLI ALIMENTI /  
PROCESSI DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE (i)**

Anno: 4                      Periodo: 2  
Impegno (ore)            lezione, esercitazione, laboratorio: 102  
Docente:                    da nominare

---

**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di integrare le conoscenze degli allievi con nozioni specifiche del settore agroalimentare preparandoli ad una attività di progettazione e di gestione degli impianti.

**PROGRAMMA****CHIMICA DEGLI ALIMENTI**

Composizione chimica degli alimenti. L'acqua, l'attività dell'acqua (6 ore).

Richiami di Chimica Inorganica. I sali minerali (4 ore).

Richiami di Chimica Organica (8 ore).

Gli acidi Grassi; mono e digliceridi degli acidi grassi; i lipidi; gli steroli; le fosfatidi (10 ore).

I glucidi: mono, oligo e polisaccaridi (6 ore).

Le proteine (4 ore).

Le vitamine (2 ore).

Trasformazioni chimiche e biologiche naturali degli alimenti (6 ore).

Gli additivi chimici (4 ore).

**PROCESSI DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE**

Processi basati sull'uso del calore: pastorizzazione, sterilizzazione, appertizzazione, concentrazione, cristallizzazione, essiccamento (32 ore).

Processi basati sull'uso del freddo: crioconcentrazione, liofilizzazione (8 ore).

Altri processi di (disidratazione: processi a membrana (6 ore).

Operazioni di separazione (6 ore).

**LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni prevedono visite a stabilimenti e lo studio di un processo di produzione.

Anno: 2

Periodo: 2

Impegno (ore sett.)

lezioni: 6(4) esercitazioni: 2(4) laboratori: 2

Docente:

**Gustavo BELFORTE**

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Scopo del corso è di introdurre lo studente all'analisi dei sistemi dinamici ed al progetto di semplici sistemi di controllo dando altresì alcune indicazioni sui circuiti elettronici per realizzare tali sistemi.

### **REQUISITI**

E' richiesta la conoscenza dei contenuti dei corsi di analisi e di fisica.

### **PROGRAMMA**

1. Introduzione al corso. Strumenti matematici per l'analisi di sistemi dinamici: la trasformazione di Laplace. Cenni di modellistica: costruzione di modelli di sistemi elettrici, elettronici, meccanici, elettromeccanici ecc. Rappresentazione dei sistemi dinamici in variabili di stato e mediante funzione di trasferimento. Algebra dei blocchi. Evoluzione nel tempo dei sistemi dinamici. Matrici di transizione.
2. La stabilità dei sistemi dinamici. Stabilità alla Lyapunov e BIBO stabilità.
3. Controllabilità e osservabilità dei sistemi dinamici. Forme canoniche. Retroazione degli stati e osservatore degli stati.
4. Il controllo in catena aperta e in catena chiusa. Diagrammi di Bode e di Nyquist. Stabilità dei sistemi retroazionati: criterio di Routh-Hurwitz, criterio di Nyquist.
5. La risposta transitoria e a regime dei sistemi dinamici. Specifiche nel dominio del tempo e della frequenza per i sistemi dinamici. Attenuazione dei disturbi parametrici e additivi. Astaticità ai disturbi.
6. Progetto di compensatori in serie basati sul diagramma di Bode della funzione di trasferimento di anello.
7. Il luogo delle radici.
8. Circuiti e dispositivi elettronici per la realizzazione di compensatori e controllori.

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni non sono rigidamente distinte dalle lezioni; esse riguardano sia lo svolgimento di esercizi relativi alla teoria illustrata a lezione sia lo sviluppo delle parti più applicative del programma. L'articolazione in punti è identica a quella del programma delle lezioni. Non è prevista alcuna divisione in squadre.

Le esercitazioni di laboratorio sono tutte svolte presso il LAIB. Esse devono servire per acquisire i primi rudimenti nell'uso di un moderno programma (MATLAB) per l'analisi e il progetto di sistemi di controllo. Con l'aiuto di tale programma vengono svolti degli esercizi simili a quelli visti a lezione e nelle esercitazioni in aula, ma vengono anche affrontati problemi più complessi che difficilmente potrebbero essere trattati senza l'ausilio di un calcolatore. Argomenti delle esercitazioni sono:

1. Introduzione all'uso di Matlab e dei suoi comandi.
2. Studiare l'evoluzione nel tempo dei sistemi dinamici.
3. Studiare la stabilità, la controllabilità e l'osservabilità dei sistemi dinamici
4. Tracciare i diagrammi di Bode ed i diagrammi di Nyquist di varie funzioni di trasferimento.

5. Confronto delle funzioni di trasferimento ad anello aperto e ad anello chiuso. Analisi degli effetti della presenza dell'anello di retroazione.

6. Luogo delle radici e progetto di reti compensatrici.

Non è prevista una divisione in squadre.

Durante le esercitazioni viene verificata la presenza al fine del conseguimento della firma di frequenza così come stabilito dal Consiglio di Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica.

## BIBLIOGRAFIA

Ci sono moltissimi testi che trattano la materia oggetto di questo corso, ma non ce n'è nessuno che tratti tutti gli argomenti così come vengono svolti a lezione. Sono disponibili presso la segreteria studenti le copie delle trasparenze usate a lezione che possono essere integrate con appunti.

Per la preparazione del corso il docente ha fatto riferimento principalmente ai testi:

1. D. Luenberger, Linear dynamic systems J. Wiley & Sons, New York.

2. E. Rohrs, J. L. Melsa, D. G. Shultz Linear control systems, Mc Graw Hill, New York.

Coloro che sentissero l'esigenza di un testo nella preparazione dell'esame possono far riferimento a:

1. G. Marro, Controlli automatici, Zanichelli, Bologna.

2. G. Marro, Complementi di controlli automatici, Zanichelli, Bologna.

3. K. Ogata, Modern control engineering, Prentice-Hall, London.

4. R. C. Dorf, R. H. Bishop, Modern control systems, Addison-Wesley Reading, Ma.

Per approfondimenti ulteriori gli interessati possono fare riferimento ai testi:

1. J. J. D'azzo, C. H. Houpis, Feedback control system analysis & synthesis, Mc Graw Hill, New York.

2. G. F. Franklin, J. D. Powel, A. Emami-Naeini, Feedback control of dynamic systems, Addison-Wesley Reading, Ma.

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

B. C. Kuo, Automatic control systems, Prentice-Hall, London.

3. N. S. Nise, Control systems engineering, The Benjamin/Cummings Publishing Co., Redwood City, CA.

Un testo di carattere divulgativo che presenta una panoramica delle problematiche argomento del corso è:

1. R. Calimani, A. Lepschy, Feedback. Guida ai cicli di retroazione: dal controllo automatico al controllo biologico, Garzanti (Strumenti di studio).

## ESAME

Per essere ammessi a sostenere l'esame bisogna avere ottenuto la firma di frequenza. La firma di frequenza NON viene concessa a quegli studenti che risultino assenti a più del 30% delle esercitazioni di laboratorio.

Deroghe a tale regola sono ammesse solo per gravi e giustificati motivi e vengono decise dal docente caso per caso sulla base di richiesta motivata da presentarsi (anche in forma orale se fatta di persona) prima dell'inizio delle esercitazioni di laboratorio o all'immediato insorgere dell'impedimento alla frequenza. Il docente si riserva di richiedere documentazione probatoria dell'impedimento alla frequenza e di concordare con lo studente forme alternative di esercitazione sul calcolatore.

- Per essere ammessi a sostenere l'esame bisogna iscriversi, secondo le modalità generali di iscrizione agli esami usando la rete internet, entro le ore 12.00 del terzo giorno lavorativo precedente il giorno in cui si svolge la prima prova dell'appello (a tal fine il sabato è considerato festivo).

- Per essere ammessi a sostenere l'esame bisogna presentarsi all'ora e nel luogo stabilito muniti di statino valido e di libretto o tesserino universitario.

- L'esame consiste di massima di due prove scritte di circa 3 ore l'una. La commissione si riserva tuttavia la facoltà di integrare o sostituire le prove con un colloquio orale qualora ne ravvisasse la necessità per formulare un giudizio.

- La prima prova consiste, di massima, nel rispondere ad una serie di domande organizzate in forma di "scelta multipla" mentre la seconda è una prova di tipo progettuale che dovrebbe essere svolta in laboratorio in modo tale che il candidato abbia a disposizione un calcolatore con il programma MATLAB.

- Le regole per lo svolgimento degli esami e per il loro superamento vengono comunicate dal docente all'inizio del corso e sono valide per un anno intero, fino all'inizio del corso nell'anno accademico successivo. Tali regole verranno anche messe su Internet in modo che siano facilmente consultabili.

## REQUISITI

1. D. Lucheyron *Linear dynamic systems*, Wiley & Sons, New York.

2. E. Rohrer, J. J. Stiles, D. C. Stokich *Linear control systems*, McGraw Hill, New York.

3. G. E. Thomas, Jr. *Linear control systems*, McGraw Hill, New York.

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

5. M. S. G. M. *Modern control systems*, Addison-Wesley, Reading, MA.

6. J. J. D'Azouzi, G. P. Petráš *Feedback control systems analysis and synthesis*, McGraw Hill, New York.

7. G. R. Franklin, J. D. Powell, A. Elinson-Nelson *Feedback control of dynamic systems*, Addison-Wesley, Reading, MA.

8. A. S. G. M. *Modern control systems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

9. J. J. D'Azouzi, G. P. Petráš *Feedback control systems analysis and synthesis*, McGraw Hill, New York.

10. R. C. Dorf *Control systems engineering*, The Macmillan Company, Publishing Co., New York.

11. R. C. Dorf *Control systems engineering*, The Macmillan Company, Publishing Co., New York.

12. R. C. Dorf *Control systems engineering*, The Macmillan Company, Publishing Co., New York.

## LABORATORI/O E ESERCITAZIONI

1. Per essere ammessi a svolgere i lavori di laboratorio il candidato deve aver superato l'esame scritto.

2. Gli studenti ammessi a svolgere i lavori di laboratorio dovranno essere presenti in aula almeno 15 minuti prima dell'inizio delle esercitazioni.

3. Durante le esercitazioni gli studenti dovranno essere attenti e partecipi, e dovranno essere in grado di spiegare le ragioni delle scelte fatte.

4. Gli studenti ammessi a svolgere i lavori di laboratorio dovranno essere presenti in aula almeno 15 minuti prima dell'inizio delle esercitazioni.

5. Durante le esercitazioni gli studenti dovranno essere attenti e partecipi, e dovranno essere in grado di spiegare le ragioni delle scelte fatte.

6. Gli studenti ammessi a svolgere i lavori di laboratorio dovranno essere presenti in aula almeno 15 minuti prima dell'inizio delle esercitazioni.

7. Durante le esercitazioni gli studenti dovranno essere attenti e partecipi, e dovranno essere in grado di spiegare le ragioni delle scelte fatte.

8. Gli studenti ammessi a svolgere i lavori di laboratorio dovranno essere presenti in aula almeno 15 minuti prima dell'inizio delle esercitazioni.

9. Durante le esercitazioni gli studenti dovranno essere attenti e partecipi, e dovranno essere in grado di spiegare le ragioni delle scelte fatte.

10. Gli studenti ammessi a svolgere i lavori di laboratorio dovranno essere presenti in aula almeno 15 minuti prima dell'inizio delle esercitazioni.



### Collegamenti fissi

Richiami sui principali processi di saldatura e norme di rappresentazione delle parti saldate.

Il disegno automatico [12 ore]

### Elementi di grafica assistita

Le curve parametriche cubiche e di Bezier. Le superfici bicubiche e di Bezier. Le trasformazioni nel piano e nello spazio. L'evoluzione dei sistemi CAD. Modellazione solida per *features* e parametrica.

### Le applicazioni grafiche per la comunicazione

I diagrammi, i nomogrammi e gli istogrammi. I fogli di calcolo ed il plottaggio dei dati.

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella rappresentazione grafica (anche a mano libera) in assonometria ed in proiezione ortogonale quotata di parti o organi presentati singolarmente, o estratti da complessivi.

Esercitazioni del tipo di quelle svolte in aula vengono anche eseguite al calcolatore mediante l'impiego di specifici programmi CAD. In particolare, i disegni quotati bidimensionali vengono elaborati mediante *Autocad*; la modellazione solida di parti singole e l'assemblaggio di componenti meccanici vengono invece eseguite mediante *Solidworks*.

## BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

E. Chirone, S. Tornincasa, *Disegno tecnico industriale*, vol. I e II, ed, Il Capitello, Torino, 1996.

Testi ausiliari:

A.J. Kalameja, *The Autocad tutor*, Delmar, Albany, 1989, o equivalente.

## ESAME

L'esame consiste in una prova grafica, una prova orale, una prova di disegno assistito ed una valutazione delle esercitazioni (tavole) svolte durante il corso. E' inoltre previsto l'esonerazione dalla prova grafica e dalla prova di disegno assistito mediante accertamenti effettuati durante il corso.



## PA450 IMPIANTI DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE

Anno: 5	Periodo: 1
Impegno (ore totali)	lezione: 48      esercitazione: 64
Docente:	da nominare

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso prende in esame alcune delle più importanti tecnologie dell'industria agroalimentare, evidenziando per i diversi processi produttivi le fasi riconducibili ad operazioni unitarie dell'ingegneria chimica, fornendo elementi di progettazione dei relativi impianti ed illustrando le problematiche connesse con la realizzazione e la gestione degli impianti nel loro insieme. Attenzione viene anche dedicata alla contaminazione chimica degli alimenti ed alla loro conservazione, eventualmente mediante l'uso di additivi chimici.

### PROGRAMMA

**INDUSTRIA OLEARIA.** Composizione dell'oliva e dell'olio di oliva; classificazione, impianti per l'estrazione dell'olio di oliva. Impianti per la rettifica dell'olio di oliva. Composizione dei principali semi e degli oli da essi estraibili. Impianti per l'estrazione degli oli di semi. Impianti per la rettifica degli oli di semi. Impianti per il recupero delle lecitine. Impianti per l'idrogenazione degli oli e per la preparazione della margarina. Additivi consentiti. Legislazione. (11 ore)

**INDUSTRIA ENOLOGICA.** Composizione dell'uva e del vino, Produzione del mosto. Impianti per la produzione di mosti muti, mosti concentrati e filtrati dolci. Vinificazione in presenza di vinacce ("in rosso") ed in assenza di vinacce ("in bianco"). Vinificazione intensiva e termovinificazione. Chiarificazione, stabilizzazione ed invecchiamento del vino. Spumantizzazione con i metodi Champenols e Charmat. Impianti per la distillazione delle vinacce e per il recupero dei tartrati e dei vinaccioli. Impianti per la produzione di "alcol buon gusto". Produzione dell'aceto. (8 ore)

**INDUSTRIA DELLA BIRRA.** Produzione del malto. Produzione delle farine e delle semole. Ammostamento, saccharificazione e decantazione. Luppologgio. Refrigerazione e filtrazione. Fermentazione, maturazione e chiarificazione. Pastorizzazione. Produzione di birre con particolari requisiti. Produzione di birra analcolica. (6 ore)

**INDUSTRIA LATTIERO-CASEARIA.** Composizione del latte. Impianti per la pastorizzazione e la sterilizzazione del latte (sistemi IITST e UHT). Impianti per la produzione di latte concentrato e di latte in polvere; caratteristiche dei prodotti. Produzione di yogurt, burro e dei principali tipi di formaggio (cunno). (6 ore)

**INDUSTRIA PER LA LAVORAZIONE DELLA FRUTTA.** Impianti per la produzione di succo conservabile e di polpa concentrata. Estrazione e concentrazione degli aromi. Impianti per la produzione di succhi di frutta limpidi e torbidi, di sciroppi e di gelatine di frutta. (5 ore)

**INDUSTRIA DELLO ZUCCHERO.** Processi ed impianti per la preparazione dello zucchero. (3 ore)

**ALTERAZIONE DEGLI ALIMENTI E TECNICHE DI CONSERVAZIONE.** Cause dell'alterazione delle sostanze alimentari. Tecniche di conservazione basate sulla disidratazione: impianti utilizzando il calore (concentrazione ed essiccamento), processi a membrana (osmosi diretta ed inversa ed ultrafiltrazione) ed il freddo (concentrazione e liofilizzazione). Tecniche di conservazione dell'alimento tal quale basate sul calore e sul freddo. Cenni ai principali impianti. Conservanti chimici. (7 ore)

**ALTRI ADDITIVI CHIMICI.** Emulsionanti, addensanti, gelificanti, stabilizzanti, esaltatori di sapidità, acidificanti, antischiumogeni, antiagglomeranti di polveri, agenti di rivestimento, coloranti, ecc.. Legislazione. (2 ore)



## PA450 IMPIANTI DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE

Anno: 5	Periodo: 1
Impegno (ore totali)	lezione: 48      esercitazione: 64
Docente:	da nominare

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso prende in esame alcune delle più importanti tecnologie dell'industria agroalimentare, evidenziando per i diversi processi produttivi le fasi riconducibili ad operazioni unitarie dell'ingegneria chimica, fornendo elementi di progettazione dei relativi impianti ed illustrando le problematiche connesse con la realizzazione e la gestione degli impianti nel loro insieme. Attenzione viene anche dedicata alla contaminazione chimica degli alimenti ed alla loro conservazione, eventualmente mediante l'uso di additivi chimici.

### PROGRAMMA

**INDUSTRIA OLEARIA.** Composizione dell'oliva e dell'olio di oliva; classificazione, impianti per l'estrazione dell'olio di oliva. Impianti per la rettifica dell'olio di oliva. Composizione dei principali semi e degli oli da essi estraibili. Impianti per l'estrazione degli oli di semi. Impianti per la rettifica degli oli di semi. Impianti per il recupero delle lecitine. Impianti per l'idrogenazione degli oli e per la preparazione della margarina. Additivi consentiti. Legislazione. (11 ore)

**INDUSTRIA ENOLOGICA.** Composizione dell'uva e del vino, Produzione del mosto. Impianti per la produzione di mosti muti, mosti concentrati e filtrati dolci. Vinificazione in presenza di vinacce ("in rosso") ed in assenza di vinacce ("in bianco"). Vinificazione intensiva e termovinificazione. Chiarificazione, stabilizzazione ed invecchiamento del vino. Spumantizzazione con i metodi Champenols e Charmat. Impianti per la distillazione delle vinacce e per il recupero dei tartrati e dei vinaccioli. Impianti per la produzione di "alcol buon gusto". Produzione dell'aceto. (8 ore)

**INDUSTRIA DELLA BIRRA.** Produzione del malto. Produzione delle farine e delle semole. Ammostamento, saccharificazione e decantazione. Luppologgio. Refrigerazione e filtrazione. Fermentazione, maturazione e chiarificazione. Pastorizzazione. Produzione di birre con particolari requisiti. Produzione di birra analcolica. (6 ore)

**INDUSTRIA LATTIERO-CASEARIA.** Composizione del latte. Impianti per la pastorizzazione e la sterilizzazione del latte (sistemi IITST e UHT). Impianti per la produzione di latte concentrato e di latte in polvere; caratteristiche dei prodotti. Produzione di yogurt, burro e dei principali tipi di formaggio (cunno). (6 ore)

**INDUSTRIA PER LA LAVORAZIONE DELLA FRUTTA.** Impianti per la produzione di succo conservabile e di polpa concentrata. Estrazione e concentrazione degli aromi. Impianti per la produzione di succhi di frutta limpidi e torbidi, di sciroppi e di gelatine di frutta. (5 ore)

**INDUSTRIA DELLO ZUCCHERO.** Processi ed impianti per la preparazione dello zucchero. (3 ore)

**ALTERAZIONE DEGLI ALIMENTI E TECNICHE DI CONSERVAZIONE.** Cause dell'alterazione delle sostanze alimentari. Tecniche di conservazione basate sulla disidratazione: impianti utilizzando il calore (concentrazione ed essiccamento), processi a membrana (osmosi diretta ed inversa ed ultrafiltrazione) ed il freddo (concentrazione e liofilizzazione). Tecniche di conservazione dell'alimento tal quale basate sul calore e sul freddo. cenni ai principali impianti. Conservanti chimici. (7 ore)

**ALTRI ADDITIVI CHIMICI.** Emulsionanti, addensanti, gelificanti, stabilizzanti, esaltatori di sapidità, acidificanti, antischiumogeni, antiagglomeranti di polveri, agenti di rivestimento, coloranti, ecc.. Legislazione. (2 ore)

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni del corso sono divise in due parti. La prima (44 ore), da svolgersi in aula, prevede l'esecuzione del progetto di massima di un Impianto dell'industria alimentare, completato con uno studio della sua disposizione da realizzarsi, eventualmente, mediante l'impiego del calcolatore (per cui è disponibile il necessario software - è indispensabile la conoscenza del CAD). L'esercitazione è svolta da squadre di 3-4 studenti. La seconda (4-5 mezza giornate) prevede la visita a stabilimenti produttivi. La visita può essere preceduta da una presentazione da parte di personale dello stabilimento.

## PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso ha lo scopo di formare i futuri tecnici dell'industria alimentare, con particolare riferimento al settore della produzione e distribuzione di prodotti di origine animale e vegetale. Il corso è articolato in tre parti: una prima parte di teoria, una seconda parte di esercitazioni e una terza parte di esercitazioni pratiche.

Tra i temi principali del corso si possono citare:

Tecnologie di base (4 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie biologiche e chimiche (4 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

Tecnologie di base (2 ore)

Tecnologie avanzate (2 ore)

## **P5420      TECNICA DEL FREDDO (CON NOZIONI DI MICROBIOLOGIA)**

Anno: 5	Periodo: 2	
Impegno (ore)	lezione 100	esercitazione e/ laboratorio: 20
Docente:	da nominare	

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Scopo del corso è di fornire allo studente i criteri necessari a comprendere il funzionamento degli impianti che lavorano a temperature inferiori all'ambiente; con l'analisi exergetica si evidenziano le situazioni costruttive e funzionali che favoriscono i fenomeni irreversibili e il conseguente maggior consumo di energia pregiata. Nella tecnica del freddo si studiano i cicli frigoriferi a compressione di vapore, ad assorbimento, a gas e termoelettrici.

### **PROGRAMMA**

#### ***Richiami di Termodinamica (8 ore)***

Bilanci di energia, entropia ed exergia per sistemi stazionari. Efficienza energetica ed exergetica, coefficiente di merito.

#### ***Impianti frigoriferi a compressione (56 ore)***

Macchina frigorifera ideale. Ciclo inverso di Carnot. Ciclo inverso a compressione di vapore. Analisi delle irreversibilità, rappresentazione delle energie dissipate, efficienza.

Fluidi frigoriferi. Proprietà termodinamiche e di trasporto, interazione con i lubrificanti.

Impatto ambientale, normative per limitare l'impiego dei fluidi più inquinanti; fluidi termovettori : acqua rigenerata, salamoie. (16 ore)

Componenti dell'impianto frigorifero a compressione: evaporatore, compressore, condensatore, valvola di trafilazione; descrizione del funzionamento, dimensionamento di massima. (10 ore)

Organi accessori: separatore d'olio, ricevitore di liquido, essiccatore, valvola di spurgo, filtri, separatori liquido vapore, valvole di ritegno, tubazioni per refrigeranti e per salamoie. (10 ore)

Regolazione automatica: Tubo capillare, valvola termostatica, valvola galleggiante, regolatore di livello, elettrovalvole, valvola barostatica, regolatore di capacità, regolatore di pressione di condensazione, regolatore termostatico, regolatore della portata di acqua refrigerante, regolatore della portata di salamoie, termostati, pressostati. (20 ore)

#### ***Impianti ad assorbimento acqua ammoniacca (6 ore)***

Descrizione; confronto con l'impianto frigorifero a compressione.

#### ***Conservazione con il freddo (30 ore)***

Azione delle basse temperature su microrganismi ed enzimi (2 ore).

Refrigerazione (4 ore).

Conservazione in "cryovac" (2 ore).

Congelamento (8 ore).

I surgelati (4 ore).

Calcoli relativi agli impianti di refrigerazione e surgelazione (10 ore): dimensionamento di gruppi frigoriferi, calcolo dei tempi di surgelazione, confronti economici fra diverse tipologie di impianti.

### **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI (20 ore)**

Ciclo frigorifero a compressione di vapore, monostadio; calcolo delle perdite exergetiche dei singoli componenti ripartite tra perdite per attrito e perdite termiche; rappresentazione e verifica nei piani (T, s) e (h, s).

Ciclo frigorifero e vapore con doppio compressione e doppia espansione; bilanci di I e II principio.

Frigorifero ad assorbimento acqua ammoniacale; diagrammi entalpia-concentrazione e entropia-concentrazione.

### **BIBLIOGRAFIA**

E. Bonauguri, D. Miari, *Tecnica del Freddo*, Hoepli Milano 1977.

PROGRAMMI  
DELLE DISCIPLINE  
DELLE SCIENZE UMANISTICHE

Docente: Riccardo MONTANARO  
 Periodo: I  
 N. crediti: 3

**OGGETTIVI GENERALI DEL CORSO**

Il corso si propone di fornire una panoramica generale di base sulla normativa ambientale e sistema in materia di tutela dell'ambiente, di fornire agli studenti le conoscenze e le competenze primarie volte dedicate ai profili professionali, alla acquisizione delle competenze professionali, particolarmente attinenti con le procedure amministrative autorizzatorie. Si prevede di attivare percorsi di studio specifici negli

**PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE DELLE SCIENZE UMANISTICHE**

**PROGRAMMA**

Notioni generali ambiente e inquinamento. I principi costituzionali in materia ambientale. L'Unione Europea e l'inquinamento ambientale dal recepimento delle direttive alla fondazione del diritto ambientale in Italia. I principi fondamentali dello sviluppo sostenibile, della prevenzione, della protezione dei beni fondamentali, del "chi inquina paga". L'ambito delle competenze regionali. L'attività del Ministero dell'Ambiente e Regionali gli enti locali (Province, Comuni, Comunità Montane); gli organismi tecnico-consulenza statali e locali.

I procedimenti amministrativi in materia ambientale di autorizzazione, le autorizzazioni, i presupposti soggettivi e oggettivi, il procedimento di autorizzazione, le procedure di controllo. Le discipline di settore: la Mitigazione di impatto ambientale, il diritto ambientale, l'insediamento lotto e la gestione delle fasce verdi, l'inquinamento atmosferico, la gestione rifiuti, l'inquinamento acustico, l'inquinamento elettromagnetico, l'inquinamento luminoso, prevenzione e riduzione le azioni dell'inquinamento di PC.

La disciplina dei corsi, con particolare riferimento caratteristiche, la normativa interna (definitiva, azione di applicazione, controllo e il giudizio di merito).

**BIBLIOGRAFIA**

- R. Ferraro - E. Scudato - "Diritto ambientale, Diritto dell'ambiente", Laterza, Bari, 1999
- R. Ferraro - R. Jona Lascaris - "Ambiente, inquinamento", Utet, Padova, 2000
- Altri testi e appunti relativi alla materia sono indicati dal docente in testi specifici.

**MODALITÀ D'ESAME**

Esame consistente in una prova di accertamento delle conoscenze acquisite, sulle tematiche di ordine generale e applicative. Nell'ambito del corso potrà essere assegnati agli studenti la redazione di relazioni scritte su tematiche specifiche, da discutere in sede di esame orale.

## 01A0D DIRITTO DELL'AMBIENTE

Docente:	Riccardo MONTANARO
Periodo:	4
N. crediti:	3

### OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso si propone di fornire una preparazione giuridica di base sulla normativa comunitaria e interna in materia di tutela dell'ambiente, di lotta agli inquinamenti e di rischi industriali. Una prima parte verrà dedicata ai profili istituzionali, alle fonti del diritto ambientale e all'assetto delle competenze; particolare attenzione verrà dedicata alla illustrazione, in termini generali, delle procedure pianificatorie e autorizzatorie. Seguirà una trattazione sistematica delle discipline di settore (inquinamento idrico, atmosferico, da rifiuti, elettromagnetico, luminoso). Un ambito specifico verrà dedicato alla disciplina dei rischi industriali.

### PROGRAMMA

Nozioni generali: ambiente e inquinamento. I principi costituzionali in materia ambientale. L'Unione Europea e l'intervento in materia ambientale: dal ravvicinamento delle legislazioni alla fondazione del diritto ambientale in sede comunitaria. I principi fondamentali dello sviluppo sostenibile, della prevenzione, della protezione dei beni fondamentali, del "chi inquina paga". L'assetto delle competenze interne: il Governo e il Ministero dell'Ambiente; le Regioni; gli enti locali (Province, Comuni e Consorzi intercomunali); gli organismi tecnico- consultivi statali e locali.

I procedimenti amministrativi in materia ambientale: la pianificazione; le autorizzazioni (presupposti soggettivi e oggettivi; il procedimento; criteri e prescrizioni); le procedure di controllo. Le discipline di settore: la Valutazione di Impatto Ambientale; il danno ambientale; l'inquinamento idrico e la gestione delle risorse idriche; l'inquinamento atmosferico; la gestione dei rifiuti; l'inquinamento acustico; l'inquinamento elettromagnetico; l'inquinamento luminoso; prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC).

La disciplina dei rischi industriali: le direttive comunitarie; la normativa interna (definizioni, ambito di applicazione, evoluzione, contenuto, criticità).

### BIBLIOGRAFIA

- ✓ R. Ferrara – F. Fracchia – N. Olivetti Rason, *Diritto dell'ambiente*, Laterza, Bari, 1999 (1 corso)
  - ✓ R Ferrara – R. Lombardi, *Codice dell'Ambiente*, Cedam, Padova, 2000 (2 corso)
- Altri testi e rapporti dottrinari e giurisprudenziali verranno indicati dal docente su temi specifici

### MODALITÀ D'ESAME

L'esame consisterà in una verifica orale delle conoscenze acquisite, sulle tematiche di ordine generale e specifico. Nell'ambito del corso potrà essere assegnata agli studenti la redazione di relazioni scritte su tematiche specifiche, da discutere in sede di esame orale.

Docente:	<b>Roberto SALIZZONI</b>
Periodo:	4
N. crediti:	3

### **OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO**

Il corso si propone di illustrare le principali posizioni espresse nel corso del Novecento dalla filosofia e dalle scienze umane sui temi dell'arte e della bellezza. Estetica filosofica, antropologia, sociologia e psicologia, in un rapporto di dialogo e di reciproco scambio, elaborano teorie ed analisi dei fatti artistici e dei fenomeni della bellezza. E' possibile percorrere, seguendo i fili tematici dell'estetica, le aree più interessanti del discorso filosofico ed umanistico del nostro secolo. Il corso propone alcuni di questi percorsi, mirando a chiarire le diverse prospettive metodologiche, a mettere a punto un lessico filosofico essenziale, a introdurre gli autori più significativi.

### **PROGRAMMA**

Arte, linguaggio e comunicazione ( L'ecologia della mente secondo Bateson; i diversi modi di concepire l'inconscio da Freud alla "prammatica della comunicazione"; stile, grazia e bellezza come condizioni della comunicazione).

Arte, tecnica, natura (Il rapporto tra arte, mito e scienza secondo C. Lévi-Strauss; l'arte come risposta possibile allo sviluppo della tecnica secondo W. Benjamin; tecnica e natura in M. Heidegger).

Creazione e ricezione dell'opera (R. Jauss e il piacere estetico; il problema dell'autore secondo l'ermeneutica).

#### **Esercitazioni**

Durante il corso saranno introdotte e commentate parti determinate delle opere indicate in bibliografia

### **BIBLIOGRAFIA**

- ✓ W. Tatarkiewicz, *Storia di sei Idee*, Palermo, Aesthetica
- ✓ c. W. Benjamin, *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, Torino, Einaudi.
- ✓ C. Lévi-Strauss, *Il pensiero selvaggio*, Milano, il Saggiatore
- ✓ G. Bateson, *Verso un'ecologia della mente*, Milano, Adelphi
- ✓ H.R. Jauss, *Apologia dell'esperienza estetica*, Torino, Einaudi (2 copie)
- ✓ T. W. Adorno, *Teoria estetica*, Torino, Einaudi
- ✓ M. Heidegger, *Saggi e discorsi*, Milano, Mursia

### **MODALITÀ D'ESAME**

Sono previste prove scritte di verifica durante il corso e come prova finale.

## 01DAP ESTETICA B

Docente:	<b>Roberto SALIZZONI</b>
Periodo:	4
N. crediti:	2

### OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso si propone di illustrare le principali posizioni espresse nel corso del Novecento dalla filosofia e dalle scienze umane sui temi dell'arte e della bellezza. Estetica filosofica, antropologia, sociologia e psicologia, in un rapporto di dialogo e di reciproco scambio, elaborano teorie ed analisi dei fatti artistici e dei fenomeni della bellezza. E' possibile percorrere, seguendo i fili tematici dell'estetica, le aree più interessanti del discorso filosofico ed umanistico del nostro secolo. Il corso propone alcuni di questi percorsi, mirando a chiarire le diverse prospettive metodologiche, a mettere a punto un lessico filosofico essenziale, a introdurre gli autori più significativi.

### PROGRAMMA

In particolare il modulo B propone sviluppi del modulo A attraverso temi e problemi più vicini alla prassi artistica ed estetica in generale

L'arte astratta e le sue interpretazioni. Museo, collezione, esposizione. Il paesaggio come problema estetico.

#### Esercitazioni

Durante il corso saranno introdotte e commentate parti determinate delle opere indicate in bibliografia

### BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., *The spiritual in Art: Abstract Painting 1890-1985*, New York, Abbeville (2 copie)
- S. Stewart, *On Longing*, Londra, Duke Univ. Press (2 copie)
- J. Clifford, *I frutti puri impazziscono*, Torino, Bollati; e dello stesso autore *Strade*, Torino, Bollati (2 copie)

### MODALITÀ D'ESAME

Sono previste prove scritte di verifica durante il corso e come prova finale.

Docente:	<b>Paolo Vineis</b>
Periodo:	4
N. crediti:	3

**OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO**

Secondo una diffusa interpretazione la descrizione della natura avviene tramite proposizioni osservative il cui significato non cambia col mutare delle teorie; e le teorie devono il loro valore di verità alla possibilità di tradurle, secondo regole univoche di corrispondenza, in proposizioni osservative. Anche nell'etica troviamo un analogo programma consistente nel derivare decisioni certe da premesse universali associate a regole deduttive (il cosiddetto "principalismo"). Tutti e due i modelli sono entrati in crisi negli ultimi decenni. Esistono però soluzioni alternative. Comune alle proposte di soluzione è la transizione da una concezione basata su leggi univoche e universali ad una concezione più debole fondata su "fuzzy sets". Nelle scienze la teoria dei fuzzy sets si applica per esempio nella classificazione delle specie animali, o delle malattie umane: essa trae essenzialmente origine dalla idea wittgensteiniana delle classificazioni politecniche (l'appartenenza alla stessa classe non avviene sulla base di un unico criterio ma di più criteri embricati, come in una corda formata di tanti fili nessuno dei quali è lungo quanto la corda stessa). Anche in campo etico la teoria dei fuzzy sets sembra di una certa utilità: perfino principi categorici come "non uccidere" perdono la loro assolutezza in contesti particolari. La teoria dei fuzzy sets può consentire di risolvere intricati problemi etici e di tener conto del contesto nel formulare un giudizio etico.

**PROGRAMMA**

L'etica ambientale: le diverse correnti contemporanee. Il paradigma di Georgetown. La tradizione americana e quella europea. Le difficoltà della teoria etica in rapporto con l'evoluzione delle tecnologie. Esempi: la riproduzione assistita, i cibi geneticamente modificati, i tests genetici. Il concetto di fuzzy set applicato alle scienze. Teoria della classificazione. Il concetto di fuzzy set applicato all'etica.

**BIBLIOGRAFIA**

- S. Bartolommei: Etica e natura. Laterza, 1995 (2 copie)
- R. Dworkin: Il dominio della vita. Edizioni di Comunità, 1994 (2 copie)
- P. Vineis: Nel crepuscolo della probabilità. Einaudi Editore, 1999 (2 copie)
- Mark Johnson: Moral Imagination. University Chicago Press, 1993 (2 copie)

**MODALITÀ D'ESAME**

Si baserà sulla discussione di un caso presentato dallo studente.

Docente:	<b>Alberto VOLTOLINI</b>
Periodo:	4
N. crediti:	3

### OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso si incentrerà in due parti, la prima di base (A) e la seconda di approfondimento tematico (B). Nella prima parte saranno presentate alcune prospettive fondamentali che si fronteggiano nell'ambito di filosofia della mente intorno alla questione di che cos'è uno stato mentale: la prospettiva dualista, quella comportamentista, quella materialista e quella funzionalista. Quest'ultima sarà vista tanto nella versione più semplice, come funzionalismo causale, quanto nella sua versione più sofisticata, il funzionalismo computazionale. Questa versione permetterà di dedicare specifica attenzione ad un problema che il vertiginoso sviluppo delle scienze cognitive da un lato e dell'intelligenza artificiale dall'altro rende sempre più attuale, ossia se il paragone tra la mente e il computer fornisca la chiave per comprendere che cos'è davvero la mente o sia soltanto uno strumento utile per capire il suo funzionamento. Attraverso l'analisi di queste prospettive, si cercherà di illustrare le due fondamentali opzioni filosofiche che si fronteggiano a proposito della mente: la concezione riduzionista, per cui tutto ciò che è mentale rientra nell'ordine naturale del mondo e può dunque in linea di principio essere studiato dalle scienze naturali, e quella anti-riduzionista, per cui la mente ha certe proprietà speciali, per cui non può essere completamente compresa dalla scienza. Nella seconda parte, i temi trattati nella prima parte verranno riconsiderati alla luce della questione di che cos'è la causazione mentale, ossia del rapporto mente - corpo (cervello) e il problema della loro interazione, e di quali sono gli ostacoli alla realizzazione di un programma di naturalizzazione della mente: il carattere qualitativo e soggettivo degli stati mentali, l'esistenza dei contenuti mentali e dell'intenzionalità, cioè del fatto che gli stati mentali vertano su cose ed eventi del mondo.

### PROGRAMMA

- Il dualismo cartesiano: mente e corpo come sostanze separate.
- Il rifiuto della mente: il programma comportamentista. Limiti del programma.
- Il materialismo radicale e quello moderato: varie teorie dell'identità tra stati mentali e stati cerebrali.
- Il programma funzionalista e l'idea di 'realizzabilità multipla' di uno stato mentale.
- Il funzionalismo computazionale: la mente come un computer. Macchine di Turing, test di Turing; le obiezioni (l'argomento di Searle della 'stanza cinese').

### BIBLIOGRAFIA

testo di riferimento:

✓ Di Francesco, M., *Introduzione alla filosofia della mente*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1996.

testi di consultazione:

✓ M. Salucci, *Mente/Corpo*, La Nuova Italia, Firenze 1997.

✓ R. Lanfredini, *Intenzionalità*, La Nuova Italia, Firenze 1998.

### MODALITÀ D'ESAME

L'esame prevederà a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta su un tema trattato nel corso.

Docente:	<b>Alberto VOLTOLINI</b>
Periodo:	4
N. crediti:	2

### OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso si incentrerà in due parti, la prima di base (A) e la seconda di approfondimento tematico (B). Nella prima parte saranno presentate alcune prospettive fondamentali che si fronteggiano nell'ambito di filosofia della mente intorno alla questione di che cos'è uno stato mentale: la prospettiva dualista, quella comportamentista, quella materialista e quella funzionalista. Quest'ultima sarà vista tanto nella versione più semplice, come funzionalismo causale, quanto nella sua versione più sofisticata, il funzionalismo computazionale. Questa versione permetterà di dedicare specifica attenzione ad un problema che il vertiginoso sviluppo delle scienze cognitive da un lato e dell'intelligenza artificiale dall'altro rende sempre più attuale, ossia se il paragone tra la mente e il computer fornisca la chiave per comprendere che cos'è davvero la mente o sia soltanto uno strumento utile per capire il suo funzionamento. Attraverso l'analisi di queste prospettive, si cercherà di illustrare le due fondamentali opzioni filosofiche che si fronteggiano a proposito della mente: la concezione riduzionista, per cui tutto ciò che è mentale rientra nell'ordine naturale del mondo e può dunque in linea di principio essere studiato dalle scienze naturali, e quella anti-riduzionista, per cui la mente ha certe proprietà speciali, per cui non può essere completamente compresa dalla scienza. Nella seconda parte, i temi trattati nella prima parte verranno riconsiderati alla luce della questione di che cos'è la causazione mentale, ossia del rapporto mente - corpo (cervello) e il problema della loro interazione, e di quali sono gli ostacoli alla realizzazione di un programma di naturalizzazione della mente: il carattere qualitativo e soggettivo degli stati mentali, l'esistenza dei contenuti mentali e dell'intenzionalità, cioè del fatto che gli stati mentali vertano su cose ed eventi del mondo.

### PROGRAMMA

- Il rapporto mente-corpo: sono gli stati mentali causalmente efficaci?
- Il carattere qualitativo del mentale: che cos'è per uno stato mentale l'apparire al suo soggetto come dotato di certe qualità soggettive?
- Il problema del contenuto mentale. L'importanza del contenuto per l'individuazione di uno stato mentale; irriducibilità o meno della proprietà di avere un contenuto per uno stato mentale.
- La questione della 'naturalizzazione dell'intenzionalità': il vertere di uno stato mentale su un certo oggetto è una proprietà che appartiene all'ordine naturale del mondo?

### BIBLIOGRAFIA

✓ testo di riferimento:

Di Francesco, M., *Introduzione alla filosofia della mente*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1996.

✓ testi di consultazione:

✓ M. Salucci, *Mente/Corpo*, La Nuova Italia, Firenze 1997.

✓ R. Lanfredini, *Intenzionalità*, La Nuova Italia, Firenze 1998.

### MODALITÀ D'ESAME

L'esame prevederà a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta su un tema trattato nel corso.

Docente:	<b>Franca D'AGOSTINI</b>
Periodo:	4
N. crediti:	3

**OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO**

Obiettivo del corso è fornire un'immagine chiara e sintetica della situazione della filosofia nel secolo appena trascorso, utilizzando il filo conduttore dei rapporti tra filosofia e scienza. In particolare, sono distinte tre linee orientative nello sviluppo del pensiero del Novecento: a) una filosofia scientifica, ossia rigorosa e orientata al dialogo con la scienza; b) una filosofia che si presenta come alternativa alla scienza e che ritiene di essere in grado di criticare la razionalità scientifica; c) una scienza tendente a ereditare le domande fondamentali della filosofia (ad esempio quali la sociologia, la biologia o la psicoanalisi, che tendono a presentarsi come equivalente moderno di quel che era la filosofia nell'Ottocento).

Il corso intende fornire, di ciascuna delle tre impostazioni, alcuni esempi particolarmente indicativi per comprendere i problemi, le condizioni e le opportunità dei rapporti attuali tra filosofia e scienza.

**PROGRAMMA**

- Due filosofi-scienziati: Freud e Frege (premessa: la filosofia e le scienze del pensiero nei primi anni del Novecento)
- Neopositivismo e filosofia analitica (premessa: l'uso della logica formale in filosofia negli anni trenta-cinquanta)
- Esistenzialismo ed ermeneutica (premessa: la filosofia e il problema dell'essere)

**MODALITÀ D'ESAME**

Si prevedono esercitazioni orali di commento ai testi e di analisi dei problemi.

**BIBLIOGRAFIA**

Testo d'esame:

- F. D'Agostini, *Breve storia della filosofia nel Novecento. L'anomalia paradigmatica*, Einaudi, Torino 1999, capp.: 2, 3, 7, 8, 9, 11 (2 copie)

Un testo a scelta tra i seguenti:

✓ G. Frege, "Il pensiero", in *Ricerche logiche*, Guerini, Milano;

S. Freud, un breve testo a scelta da concordare;

✓ R. Carnap, Introduzione a *La costruzione scientifica del mondo*, Utet, Torino;

- R. Carnap, "Oltrepasamento della metafisica", in A. Pasquinelli, *Il neoempirismo*, Utet, Torino; (1 copia)

- K. Mulligan, "Metaphysique et ontologie", in P. Engel, *Précis de philosophie analytique*, P. U. F. (2 copie)

- M. Heidegger, Introduzione a *Essere e tempo*, Longanesi, Milano. (2 copie)

**MODALITÀ D'ESAME**

Per sostenere l'esame, il candidato dovrà aver partecipato alle esercitazioni scritte e orali svolte durante il corso. L'esame finale prevede una prova orale articolata in due parti: nella prima il candidato dovrà dimostrare la conoscenza dei testi previsti; nella seconda dovrà illustrare documentatamente e criticamente le ragioni di ciascuna delle tre impostazioni studiate (questa seconda parte della prova può essere sostituita con una relazione scritta).

Docente:	<b>Marilena ANDRONICO</b>
Periodo:	1
N. crediti:	5

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di presentare, ad un livello elementare, concetti, metodi, ed esempi della ricerca filosofica classica e attuale, in vari campi (metafisica, epistemologia, filosofia della mente, filosofia morale, filosofia del linguaggio, filosofia politica). Sarà sottolineata la struttura argomentativa del discorso filosofico, cioè si cercherà di mettere in evidenza in che modo e con quali argomenti sono sostenute le diverse tesi filosofiche di volta in volta esaminate.

### PROGRAMMA

Che cos'è la filosofia? Alcune concezioni della filosofia in: Aristotele, Stoicismo, Locke, Cartesio, Hegel, Wittgenstein; la distinzione tra filosofia analitica e filosofia continentale

La conoscenza del mondo esterno e il punto di vista scettico

La conoscenza scientifica (concezione ingenua della scienza - induzione - falsificazionismo)

Verità: definizioni di verità e criteri di verità; corrispondenza e coerenza, giustificazione, verificazione; realismo e antirealismo

Linguaggio e significato (la teoria di Frege - la teoria di Kripke - le idee di Wittgenstein)

Il problema mente-corpo (dualismo - riduzionismo - funzionalismo)

L'esistenza di Dio (argomenti per l'esistenza di Dio; Dio e il male)

Libero arbitrio e determinismo

Giusto e sbagliato in senso morale (ci sono argomenti per l'altruismo? I principi e i valori morali sono universali?).

Giustizia, uguaglianza e libertà: nozioni di filosofia politica.

### BIBLIOGRAFIA

✓ N. Warburton, Il primo libro di filosofia, Einaudi, Torino 1999 e T. Nagel, Una brevissima introduzione alla filosofia, Il Saggiatore, Milano 1989, saranno i testi base.

Saranno inoltre usati parti di r. popkin, a. stroll, filosofia per tutti, il saggiatore, milano 1997; a.f. chalmers, che cos'è questa scienza?- la sua natura e i suoi metodi, il mulino, bologna 1992; a.c. grayling, an introduction to philosophical logic, the harvest press, sussex, 1982. (2 copie)

### ESAME

L'esame prevederà la presentazione di una relazione scritta su un testo filosofico concordato col docente, e un compito scritto finale.

Docente:	<b>Chiara OTTAVIANO</b>
Periodo:	1
N. crediti:	5

**OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO**

Il corso mira a fornire strumenti di conoscenza utili per orientarsi all'interno della società contemporanea, oggi in profonda trasformazione anche rispetto alle innovazioni in corso nei modi e sistemi di comunicazioni. Non si tratta però solo di capire cosa ha implicato in tempi recenti la cosiddetta rivoluzione digitale, ma di comprendere come, sin dalle sue origini, i modi di produzione delle società industriali siano stati profondamente condizionati dai modi di comunicazione e trasmissione delle informazioni. Il corso avrà pertanto carattere interdisciplinare con punti di vista sociologici, economici, storici, culturali. Un'attenzione particolare sarà dedicata alle professioni e alle istituzioni coinvolte, nell'industria e nel mercato, ma anche al ruolo degli utenti finali, i consumatori, che possono o meno adottare le opportunità tecnologiche offerte. L'analisi di alcuni casi relativi all'introduzione di ormai "vecchi" mezzi di comunicazione sarà di ausilio per un approccio critico alla lettura di alcune ipotesi, oggi diffuse, intorno agli effetti e alle conseguenze delle cosiddette nuove tecnologie della comunicazione.

La stessa definizione di comunicazione di massa, coniata negli anni trenta, appare oggi non del tutto adeguata, giacché non comprende le innovazioni, tecniche e sociali, introdotte dalla telematica e dai mezzi che consentono interattività (in particolare Internet).

**Esercitazioni**

Sono previste esercitazioni, con specifica attività di ricerca degli studenti, volte ad una riflessione originale e documentata su Internet.

**PROGRAMMA**

La cosiddetta "società dell'informazione": definizioni e quadro teorico

Le tesi di J. Beniger sulla "rivoluzione del controllo", in riferimento all'origine della società dell'informazione.

Cenni sulla storia e l'evoluzione dei mezzi e dei modi di comunicazione

Il tema della negoziazione sociale a proposito dell'introduzione di vecchie e nuove tecnologie della comunicazione: analisi di casi

**BIBLIOGRAFIA**

- ✓ C. Ottaviano, *Mezzi per comunicare. Storia, società e affari dal telegrafo al modem*, Torino, Paravia, 1997
- ✓ J. Meyrowitz, *Oltre il senso del luogo. L'impatto dei media elettronici nel comportamento sociale*, Bologna, Baskerville 1993

Nel corso delle lezioni saranno forniti materiali in fotocopia e indicazioni di estratti da altri volumi la cui conoscenza è essenziale per la preparazione all'esame (ca. 250pp), nonché un elenco dei saggi entro il quale il candidato sceglierà un secondo volume da presentare all'esame.

**MODALITÀ D'ESAME**

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

Docente:	<b>Chiara OTTAVIANO</b>
Periodo:	2
N. crediti:	5

### **OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO**

Il corso è da intendersi come un approfondimento del modulo I.

Al centro dell'attenzione saranno i mezzi di comunicazione di massa, e in particolare la radio, il cinema e la televisione, "agenti di socializzazione" fra i più significativi nella società contemporanea.

L'attenzione sarà rivolta alla tradizione degli studi sociologici sul tema, ma anche agli aspetti relativi al carattere industriale e agli apparati del broadcasting, alle professioni coinvolte, agli aspetti legislativi.

Specifiche esercitazioni saranno dedicate all'analisi del linguaggio audiovisivo con esempi tratti da fonti d'archivio come i cinegiornali, e da fonti coeve, come i telegiornali.

### **PREREQUISITI**

Aver superato l'esame del Modulo di Sociologia delle comunicazioni di massa A

### **PROGRAMMA**

La comunicazione di massa: definizioni e quadro teorico

Cinema e televisione: la riflessione del pensiero sociologico, tesi a confronto.

Il cinema e la televisione: industria, apparati e legislazione nel caso italiano

Il linguaggio audiovisivo: esercizi con il televisore

Sono previste esercitazioni, con specifica attività di ricerca degli studenti, volte ad una riflessione originale e documentata su Internet.

### **BIBLIOGRAFIA**

- ✓ C.Ottaviano, *Mezzi per comunicare. Storia, società e affari dal telegrafo al modem*, Torino, Paravia, 1997
- ✓ J. Meyrowitz, *Oltre il senso del luogo. L'impatto dei media elettronici nel comportamento sociale*, Bologna, Baskerville 1993

Nel corso delle lezioni saranno forniti materiali in fotocopia e indicazioni di estratti da altri volumi la cui conoscenza è essenziale per la preparazione all'esame (ca. 250pp), nonché un elenco dei saggi entro il quale il candidato sceglierà un secondo volume da presentare all'esame.

### **MODALITÀ D'ESAME**

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

## 01DAS STORIA CONTEMPORANEA A

Docente:	Gian Carlo JOCTEAU
Periodo:	4
Crediti:	3

### OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso intende fornire agli studenti alcune categorie interpretative generali ed elementi di inquadramento cronologico intorno alle principali trasformazioni economiche, sociali e politiche avvenute dalla seconda metà del Settecento ai giorni nostri.

### PROGRAMMA

La storia contemporanea e le sue periodizzazioni.

Lo sviluppo economico moderno.

Il progresso tecnico.

La rivoluzione industriale inglese e le vie di trasmissione dell'industrializzazione.

Le vie nazionali all'industrializzazione.

La crisi delle società di ancien régime.

L'andamento demografico.

Classi, ceti e gruppi sociali.

Lo stato moderno.

Gli stati liberali.

Democrazia, socialismo e totalitarismo.

Gli equilibri geopolitici ed i loro mutamenti.

### BIBLIOGRAFIA

- ✓ P. Macry, *La società contemporanea. Un'introduzione storica*, Il Mulino, Bologna, 1995
- ✓ S. Pollard, *La conquista pacifica. L'industrializzazione in Europa dal 1760 al 1970*, Il Mulino, Bologna, 1989

### MODALITÀ D'ESAME

La valutazione finale si baserà su una relazione scritta e su una prova orale.

- Alcuni manufatti di Luvaina, la professione del Baro degli armeni, esempio di Jacques Testart, alcuni pezzi del Testate dell'ingegner di tesio, le voci inglesi-inglesi nella versione del più importante dizionario del cinquecento e seicento europeo.
- Il ruolo dell'industria e della rivoluzione industriale inglese: la classe di imprenditori.
- Politici e prassi nell'era prima industriale: i privilegi reali, l'Accademia delle Scienze di Torino, Cantini, Verri e l'arch. Ignazio Giulio.
- L'immigrazione e le grandi esportazioni dell'estero.
- I grandi inventori del Settecento e del novecento e i brevetti: il caso americano.
- L'immigrazione e le guerre: le rivoluzioni in India e la nascita tecnologica nelle due guerre mondiali.
- L'immigrazione e le guerre: il rapporto tra le religioni monoteiste dal rinascimento ad oggi.
- Le rivoluzioni e le grandi crisi di civilizzazione europea.
- Immigrazione e sviluppo: il progetto italiano.
- Lettura e commento di un testo fondamentale per le istituzioni affermate nella seconda parte del corso come, a titolo di esempio, alcune parti delle opere di Schumpeter, qualche pratica di privilegio dell'Inghilterra e il Capitale di Marx.

Docente:	Gian Carlo JOCTEAU	Docente:
Periodo:	4	Periodo:
Crediti:	2	Crediti:

### OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso intende fornire agli studenti alcune categorie interpretative generali ed elementi di inquadramento cronologico intorno alle principali trasformazioni economiche, sociali e politiche avvenute dalla seconda metà del Settecento ai giorni nostri.

### PROGRAMMA

Approfondimenti del Modulo A; in particolare su:

Nazione e nazionalismo

Persistenza ai mutamenti nell'Europa fra Otto e Novecento

Lo sviluppo economico italiano

### BIBLIOGRAFIA

- F. Tuccari, *La nazione*, Laterza, Bari, 2000 (2 copie)
- C. Geertz, *Mondo globale, mondi locali*, Il Mulino, Bologna, 1999 (2 copie)
- A.J. Mayer, *Il potere dell'ancien régime fino alla prima guerra mondiale*, Roma-Bari, Laterza, 1982 (2 copie)
- I. Cafagna, *Dualismo e sviluppo nella storia d'Italia*, Marsilio, Venezia, 1989 (2 copie)
- G. Tomasi, *Storia economica dell'Italia liberale, 1850-1918*. Il Mulino, Bologna, 1988 (2 copie)

TENIOLÒ

### MODALITÀ D'ESAME

La valutazione finale si baserà su una relazione scritta e su una prova orale.

### MODALITÀ D'ESAME

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

Docente:	<b>Luisa DOLZA</b>
Periodo:	4
N. crediti:	3

## OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso intende fornire agli studenti una riflessione sul concetto di innovazione tecnologica in una prospettiva storica. A tal fine il corso prende l'avvio da alcune fondamentali premesse metodologiche e dal significato storico, economico e sociale della parola stessa: innovazione. Le valenze economiche e morali, i segni e i metodi di riconoscimento dell'innovazione si sono modificati nel corso dei secoli. dal mondo antico al rinascimento l'innovazione non è solo cambiamento, e sul significato di "nuovo" e "utile" si soffermano tecnologi, scienziati, studiosi e politici anche prima della rivoluzione industriale. da questo momento chiave per la storia della tecnica e dell'innovazione, cambierà l'ampiezza e l'importanza del dibattito, ma i temi rimarranno pressoché invariati. il corso, articolato su alcuni momenti fondamentali o altamente significativi per l'innovazione tecnologica, prende in esame in parallelo i momenti della storia dell'economia e del pensiero scientifico che hanno modificato o arricchito il significato di innovazione.

## PROGRAMMA:

La storia dell'innovazione tecnologica nel mondo moderno e contemporaneo:

- Presentazione del corso: introduzione metodologica e presentazione dei testi di riferimento.
- Il concetto di *innovazione*: lessico, storia ed economia.
- *L'innovazione* del rinascimento: da leonardo da vinci agli ingegneri del cinquecento.
- Il seicento e *l'innovazione*: l'importanza dei gesuiti e le grandi opere idrauliche.
- I bisogni delle corti e *l'innovazione* nelle prime accademie tecnico scientifiche: gli accademici meccanici e i privilegi reali.
- Lettura e commento di qualche testo particolarmente significativo ed emblematico. Cfr. Alcuni manoscritti di Leonardo, la prefazione del *Teatro degli strumenti meccanici e matematici* di Jacques besson, alcuni passi del *Trattato dell'ingegno* di tesio, le voci in-genio-engine-innovazione nei più importanti dizionari del cinquecento e seicento europeo.
- Il ruolo dell'*innovazione* nella rivoluzione industriale inglese: la relazione scienza-tecnica.
- Politica e proto-industria nel piemonte preunitario: i privilegi reali, l'Accademia delle Scienze di Torino, Camillo Cavour e carlo ignazio giulio.
- *L'innovazione* messa in mostra: le grandi esposizioni dell'ottocento.
- I grandi innovatori dell'ottocento e del novecento e i brevetti: il caso americano.
- *L'innovazione* e la guerra: le fabbriche, le donne e la ricerca tecnologica nelle due guerre mondiali.
- *L'innovazione* e la religione: il rapporto con le religioni monoteiste dal rinascimento ad oggi.
- Le *innovazioni* fallite: alcuni casi di innovazioni mancate.
- *Innovazione* ed industria nel dopoguerra italiano.
- Lettura e commento di testi emblematici per le tematiche affrontate nella seconda parte del corso come, a titolo di esempio, alcuni passi delle opere di Schumpeter, qualche pratica di privilegio dell'ottocento e il Capitale di Marx.

## BIBLIOGRAFIA

I testi di base:

C.M. Cipolla, *Uomini, tecniche, economie*, (Feltrinelli), Milano 1998.

V. Marchis, *Storia delle macchine*, (ed. Laterza), Roma-Bari 1994.

V. Marchis (a cura di), *Storia delle scienze. Vol.v (Conoscenze scientifiche e trasferimento tecnologico)*, (Einaudi), Torino 1995.

N. Rosenberg, *Dentro la scatola nera*, (Il mulino), Bologna 1991.

Per ogni singola tematica saranno indicati, all'inizio del corso, una serie di riferimenti bibliografici specifici.

## MODALITÀ D'ESAME

Per sostenere l'esame è richiesta la presentazione di una relazione scritta sull'approfondimento scelto in accordo con il docente. Detta relazione sarà discussa in sede di accertamento nell'esame orale finale.

## PROGRAMMA

- Presentazione del corso: introduzione al mondo moderno e contemporaneo.
- Il concetto di innovazione: storia ed economia.
- L'innovazione del rinascimento: da Leonardo da Vinci agli ingegneri del cinquecento.
- Il sereno e l'ammirabile: l'ipotesi della genialità e le grandi opere rinascimentali.
- I prototipi delle arti e l'innovazione nelle prime macchine tecniche: idrauliche, gli accendini meccanici e i privilegi nobili.
- Lettura e commento di qualche testo particolarmente significativo ed emblematico. Cfr. Alcuni manoscritti di Leonardo, la prefazione del *Trattato della struttura umana* e l'introduzione di *De motu animalium*.
- Il ruolo dell'innovazione nella rivoluzione industriale inglese: la relazione etimologica tra *politeia* e proto-industria nel pinotone presentate: i privilegi giuridici.
- La scienza di James Watt e il motore a vapore: il caso americano.
- I grandi innovatori dell'ottocento e del novecento e i brevetti: il caso americano.
- L'innovazione e la guerra: le fabbriche, le donne e la ricerca tecnologica nelle due guerre mondiali.
- L'innovazione e la religione: il rapporto con le religioni monoteiste dal rinascimento ad oggi.
- L'innovazione in Italia: alcuni casi di innovazioni italiane.
- L'innovazione ed industria nel dopoguerra italiano.
- Lettura e commento di testi emblematici per le tematiche affrontate nella seconda parte del corso come: a titolo di esempio, alcuni passi dalle opere di Shakespeare, qualche pagina di *Il Capitano di Corcoran* e il Capitano di Mar.

Docente:	<b>Alberta REBAGLIA</b>
Periodo:	4
N. crediti:	3

**OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO**

Il corso intende offrire un panorama quanto più possibile articolato del susseguirsi delle idee che -come presupposti o come conseguenze dirette- risultano essere alla base dello sviluppo tecnologico e scientifico, che ha fortemente improntato il Novecento. I caratteri dell'impresa scientifica contemporanea, tanto nei suoi aspetti 'teorici' (di elaborazione di ipotesi fisiche e di modelli matematici) quanto in quelli 'pratici' (di sperimentazione e di ricerca di laboratorio), sono strettamente connessi ai destini dell'industrializzazione e in generale delle applicazioni di tipo tecnologico. Nel corso verrà posto in evidenza come sia i processi di fabbricazione manifatturiera sia gli attuali sistemi di produzione integrati e globali non sono l'esito di un semplice accumularsi di saperi tecnici. Verrà sottolineato come queste stesse conoscenze di base sono il risultato dell'intrecciarsi e dello stratificarsi di sollecitazioni provenienti da un più vasto ambito di suggestioni e di influenze complessivamente culturali. Colui che svolge un'attività scientifica o tecnologica deve infatti essere pienamente consapevole di operare all'interno di tale sistema dinamico, in un orizzonte collettivo in cui strategie e finalizzazioni dei programmi di ricerca e dei piani di innovazione sono significativamente correlati, e danno luogo a sviluppi coordinati e congruenti, proprio (e soprattutto) in quanto sono collocati all'interno di un tessuto organico di idee, concetti, ragioni che nel loro insieme rappresentano il "clima" culturale di ogni specifica epoca storica.

**PROGRAMMA**

Nel corso verranno trattati i seguenti argomenti:

- L'idea di ragione e la nascita della scienza moderna
- L'idea di progresso e il passaggio dall'ambito della tecnica a quello della tecnologia
- L'osservazione empirica nell'epoca dei laboratori scientifici e della ricerca industriale
- Possibilità e limiti della tecnoscienza come impresa collettiva.

Sono previsti alcuni seminari di approfondimento.

**BIBLIOGRAFIA**

✓ G. Vattimo, *Tecnica ed esistenza. Una mappa filosofica del Novecento*, Paravia Scriptorium, Torino 1997

A. Rebaglia, *Scienza e verità. Introduzione all'epistemologia del Novecento*, Paravia Scriptorium, Torino 1997 (3 copie)

Ulteriore materiale didattico verrà fornito in occasione dei seminari.

**MODALITÀ D'ESAME**

E' richiesta una relazione scritta su uno a scelta fra gli autori trattati nei seminari. L'esame orale verterà sulla discussione della relazione, inserita nel contesto del programma svolto.

Docente:	<b>Alberta REBAGLIA</b>
Periodo:	4
N. crediti:	2

### **OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO**

Nel corso verranno analizzate le tematiche che si sono sviluppate intorno all'idea centrale di *artefatto*, avendo quale obiettivo il chiarimento delle profonde trasformazioni subite nell'ambito del pensiero del Novecento da tale concetto, e da quelli a esso correlati di *agire*, *intervenire*, *inventare*. Il rapporto tra '*prodotto artificiale*' e '*fatto naturale*' ha subito cambiamenti rilevanti; e altrettanto radicalmente modificato risulta essere il nesso tra *artefice* e *oggetto* del suo lavoro. Questi mutamenti saranno seguiti a partire da quanto esposto nel modulo A circa l'impostazione concettuale che è alla base della pratica artigianale e dello svolgersi dell'indagine scientifica (entrambe premesse indispensabili all'evoluzione tecnologica e industriale). Si esamineranno, quindi, le molte e significative implicazioni derivanti dai processi di produzione di serie, caratteristici della fase di industrializzazione che ha segnato l'inizio del secolo, e dal successivo sviluppo dell'automazione e degli odierni sistemi di produzione integrati, nei quali l'informaticizzazione assume un ruolo sempre più pervasivo che conduce all'affermarsi delle discipline "meccatroniche".

In quest'ultimo contesto -dove si assiste a una crescente "virtualizzazione" dei processi di apprendimento, di progettazione, di produzione, con una conseguente "smaterializzazione" dei beni e dei servizi- l'imporsi dell'inedita categoria del *virtuale* sarà valutata con attenzione particolare, poiché essa eredita l'idea tradizionale di "artificiale" e la trasforma profondamente, ampliandone i confini all'ambito di una nuova concezione della "realtà": non più sostanziale, ma ricca di una concretezza nuova, dinamica, flessibile.

### **PROGRAMMA**

Nel corso verranno trattati i seguenti argomenti:

- Il concetto di artificiale nella civiltà industriale novecentesca
- La rivoluzione cibernetica e il suo impatto culturale
- Il concetto di virtuale nella odierna civiltà dell'informazione.

Sono previsti alcuni seminari di approfondimento.

### **BIBLIOGRAFIA**

A. Rebaglia, *Artificiale e virtuale. Tematiche di filosofia della tecnologia*, Paravia Scriptorium, Torino in preparazione Ulteriore materiale didattico verrà fornito in occasione dei seminari. (3 ore)

### **MODALITÀ D'ESAME**

E' richiesta una relazione scritta su uno a scelta fra gli autori trattati nei seminari. L'esame orale verterà sulla discussione della relazione, inserita nel contesto del programma svolto.

# 01CLW STORIA DELLA TECNICA A (SOCIETÀ, ECONOMIA, SCIENZA)

Docente:	Vittorio MARCHIS
Periodo:	1
N. crediti:	5

## OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso vuole fornire agli studenti la capacità di inquadrare gli oggetti e i sistemi tecnici nella loro prospettiva storica. A tal fine il corso prende l'avvio da alcune fondamentali premesse sul concetto di storia, sul ruolo e sulle finalità della ricerca storica, e specificamente sul significato della storia della tecnologia. In parallelo sono presi in esame i momenti salienti della storia dell'economia e del pensiero scientifico.

Il corso è armonizzato con quello di Storia della tecnica B (UM028) che può essere considerato, ancorché non esclusivamente, come il suo seguito. Non è richiesto alcun corso propedeutico.

## PROGRAMMA

La storia della tecnica nel mondo moderno e contemporaneo:

- *La storia come scienza.* Le scritture come fondamento della storia: il documento. La ricerca storica. I temi e le idee della storia. Cronologia e storia. La storia e "le storie". La rivoluzione agricola e la rivoluzione industriale.
- *La "scienza nuova" e il passaggio "dal mondo del pressappoco all'universo della precisione"* (A.Koyré). La nascita della metallurgia nel '500; la "meccanica" da Guidobaldo del Monte a Galilei a Newton; la nascita delle Accademie e delle istituzioni scientifiche. Il macchinismo e il mito del progresso. Il Settecento e la coscienza della tecnologia. L'Illuminismo e le Enciclopedie.
- *La Rivoluzione industriale.* L'industria dei metalli e gli arsenali. Il vapore. L'istruzione tecnica. L'Ottocento e il trionfo delle macchine.
- *La grande industria:* Il macchinismo e la diffusione del sistema di fabbrica: Inghilterra, Francia, Germania, Italia. La nascita dell'elettricità. I sistemi tecnici: il telegrafo; le ferrovie; l'industria chimica. I politecnici e le scuole di ingegneria. La diffusione del sapere tecnico: le Esposizioni industriali; i brevetti. L'ottimismo "fin-de-siècle". Le crisi e le speranze del XX secolo. Le costruzioni in ferro e in cemento armato.
- *I contesti economici nella società industriale.* Le interpretazioni dei fenomeni economici. (A.Smith, D.Ricardo, K.Marx, J.Schumpeter, J.M.Keynes, G.Friedman, N.Rosenberg).
- *La macchina tra utopie e realtà.* Le utopie tecnologiche, l'idea di progresso e lo sviluppo della società industriale.

### Modalità di svolgimento delle lezioni:

Il corso è svolto durante il primo semestre e prevede una frequenza settimanale di sei ore di lezione. A fianco delle lezioni istituzionali sono previsti seminari di approfondimento e conferenze tenute da esperti.

### Laboratorio:

Durante il corso, gli studenti affronteranno la lettura critica di un saggio scelto da un elenco di titoli proposti dal docente. Su tale lettura e sui suoi approfondimenti verterà la relazione scritta che dovrà essere preparata per la valutazione finale.

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ G. Anders, *L'uomo è antiquato. La terza rivoluzione industriale*, (Bollati Boringhieri), Torino 1992.
- ✓ C.M. Cipolla, *Uomini, tecniche, economie*, (Feltrinelli), Milano 1998. (3 copie)

V. Marchis, Storia delle macchine, (Ed. Laterza), Roma-Bari 1994.

V. Marchis (a cura di), Storia delle scienze. vol.V (Conoscenze scientifiche e trasferimento tecnologico), (Einaudi), Torino 1995.

M. Nacci, La crisi del progresso. Saggio di storia delle idee 1895-1935, (Guerini e Associati), Milano 1994.

## MODALITÀ D'ESAME

Per sostenere l'esame è richiesta la presentazione di una relazione scritta sull'approfondimento scelto in accordo con il docente. Detta relazione sarà discussa in sede di accertamento nell'esame orale finale.

### PROGRAMMA

- La Rivoluzione industriale. L'industria del metallo e gli strumenti. Il motore a vapore. Il motore interno. La chimica e il trionfo della macchina.
- La prima industriale e la diffusione del sistema di fabbrica. Inghilterra, Francia, Germania, Italia. La nascita dell'industria chimica e delle industrie chimiche. L'industria chimica. I polimeri e le nuove industrie chimiche. La chimica e la seconda industriale. Le fabbriche industriali. Il coltello di acciaio. La crisi e la seconda industriale.
- I consumi economici nella società industriale. Le trasformazioni dei fenomeni economici (A. Smith, D. Ricardo, K. Marx, J. M. Keynes, C. Friedman, J. Boulding).
- La macchina in movimento. La storia tecnologica. L'era del progresso e il movimento della scienza. La macchina e il movimento della scienza. La macchina e il movimento della scienza.
- Il corso è svolto durante il primo semestre e prevede una frequenza obbligatoria di almeno il 50%. A fianco delle lezioni illustrative sono previsti seminari di approfondimento e conferenze. La frequenza è obbligatoria per la valutazione finale.
- Durante i corsi gli studenti affrontano la lettura critica di un saggio scelto da un elenco di titoli proposti dal docente su richiesta e sui suoi approfondimenti vertici la relazione scritta che dovrà essere preparata per la valutazione finale.

### BIBLIOGRAFIA

- G. Anders, L'uomo e la macchina. La terza rivoluzione industriale, (Bollati Boringhieri, Torino 1992).
- C.M. Cipolla, Uomini, tecniche, economie (Feltrinelli), Milano 1992.

# 01CLX STORIA DELLA TECNICA B (L'ETÀ DELLA TECNICA: IL XX SECOLO E LO SPAZIO)

Docente:	Vittorio MARCHIS
Periodo:	2
N. crediti:	5

## OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso vuole fornire agli studenti gli strumenti dell'indagine storica per inquadrare gli sviluppi della tecnologia e dell'industria nel XX secolo, in relazione ai contesti socioculturali in cui hanno subito la loro evoluzione.

Il corso, è composto da una prima serie di lezioni sui criteri interpretativi e valutativi dei fenomeni specifici dello sviluppo tecnologico e industriale del XX secolo a cui segue un approfondimento monografico su un particolare settore. Per l'anno accademico in corso viene presa in esame *la scienza e l'industria aerospaziale* dal 1930 sino al 1970.

Il corso è armonizzato con quello di Storia della tecnica A (UM027) che può essere considerato, ancorché non esclusivamente, la sua premessa generale. Non è richiesto alcun corso propedeutico.

## PROGRAMMA

- *Gli scenari del XX secolo*: La nascita dell'aeronautica. Il sistema industriale e il modello tayloristico. I grandi sistemi tecnici: elettricità, telecomunicazioni, trasporti. I limiti dello sviluppo. Le rivoluzioni informatiche. La Big Science e i Large Systems.
- *La storia della tecnica*. Una storia di contesti socioeconomici.
- *La storia della scienza e la storia del pensiero scientifico*. I grandi temi del pensiero scientifico moderno in relazione alla società industriale contemporanea. La società dell'informazione.
- Le origini dell'industria missilistica.
- L'industria bellica e l'armamento missilistico nel secondo conflitto mondiale.
- La corsa USA-URSS allo spazio.
- La conquista della Luna.
- I nuovi contesti aerospaziali europei.

### Modalità di svolgimento delle lezioni:

Il corso è svolto durante il secondo emisemestre e prevede una frequenza settimanale di sei ore di lezione. A fianco delle lezioni istituzionali sono previsti seminari di approfondimento e conferenze tenute da esperti.

### Laboratorio:

Durante il corso, gli studenti affronteranno la lettura critica di un saggio scelto da un elenco di titoli proposti dal docente. Su tale lettura e sui suoi approfondimenti verterà la relazione scritta che dovrà essere preparata per la valutazione finale.

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ J. R. Beniger, *Le origini della società dell'informazione. La rivoluzione del controllo.*, (Utet Libreria), Torino 1995
- ✓ A.D. Chandler jr., *Dimensione e diversificazione. Le dinamiche del capitalismo industriale*, (Il Mulino), Bologna 1994.
- ✓ D. Harvey, *La crisi della modernità*, (Il Saggiatore), Milano 1993.
- V. Marchis, *Wernher von Braun, (Le Scienze)*, Milano 2000. (2 copie)
- ✓ V. Marchis (a cura di), *Storia delle scienze. vol.V (Conoscenze scientifiche e trasferimento tecnologico)*, (Einaudi), Torino 1995.

- ✓ M. McLuhan, Gli strumenti del comunicare, (Il Saggiatore), Milano 1997.
- ✓ M. Nacci, La crisi del progresso. Saggio di storia delle idee 1895-1935, (Guerini e Associati), Milano 1994.
- ✓ D. Noble, La questione tecnologica, (Bollati Boringhieri), Torino 1993.
- ✓ N. Rosenberg, Dentro la scatola nera, (Il Mulino), Bologna 1991.

## MODALITÀ D'ESAME

Per sostenere l'esame è richiesta la presentazione di una relazione scritta sull'approfondimento scelto in accordo con il docente. Detta relazione sarà discussa in sede di accertamento nell'esame orale finale.

## PROGRAMMA

- Gli scopi del XX secolo: la nascita dell'atomica, il sistema industriale e il modello Taylor. I grandi sistemi tecnici: elettrico, telecomunicazioni, trasporti. I limiti dello sviluppo. La rivoluzione informatica. La Big Science e il Large Scale.
- La storia della tecnica. Una storia di contesti socio-economici.
- La storia della tecnica e la storia del pensiero scientifico. I grandi temi del pensiero scientifico moderno in relazione alla società industriale contemporanea. La società dell'informazione.
- Le origini dell'industria missilistica.
- L'industria bellica e l'armamento missilistico nel secondo conflitto mondiale.
- La corsa USA-URSS allo spazio.
- La conquista della Luna.
- I nuovi contesti spaziali europei.

Modalità di svolgimento delle lezioni:  
 Il corso è svolto durante il secondo semestre e prevede una frequenza settimanale di sei ore di lezione. A fianco delle lezioni istituzionali sono previsti seminari di approfondimento e conferenze tenute da esperti.  
 L'obiettivo:  
 Durante il corso, gli studenti affrontano la lettura critica di un saggio scelto da un elenco di titoli proposti dal docente. Su tale lettura e sui suoi approfondimenti, verrà la relazione scritta che dovrà essere preparata per la valutazione finale.

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ J. R. Brayer, Le origini della società dell'informazione. La rivoluzione del controllo. (L'Espresso), Torino 1985.
- ✓ A.D. Chandler jr, Dimensione e diversificazione. La dinamica del capitalismo industriale. (Il Mulino), Bologna 1994.
- ✓ D. Harvey, La crisi della modernità. (Il Saggiatore), Milano 1993.
- ✓ V. Machin, Weimar von Braun. (Le Scienze), Milano 2000.
- ✓ V. Machin (a cura di), Storia delle scienze, vol.V (Conoscere tecnologia e l'aspirazione tecnologica). (Boringhieri), Torino 1995.

## 01DAZ    TECNICHE DI SCRITTURA

Docente:	<b>Marina BELTRAMO</b>
Periodo:	4
N. crediti:	3

---

### **OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO**

Negli ultimi anni la scrittura ha assunto una nuova centralità nell'ambito della comunicazione sia personale sia professionale. La quantità di testi scritti che ognuno di noi deve leggere e produrre è notevolmente aumentata (si pensi ad esempio alla diffusione della posta elettronica), e sono aumentate le aspettative circa la qualità del prodotto scritto. Lo scrivere bene non è più prerogativa esclusiva di quei letterati che sanno maneggiare una lingua alta impiegando sottili artifici retorici: con l'espressione scrivere bene oggi si intende piuttosto l'abilità di comunicare i concetti in modo efficace, chiaro e accurato, producendo il tipo di testo che meglio si adatta alla situazione comunicativa. Scrivere, e scrivere bene, è un'abilità richiesta pressoché a tutti: ci si aspetta la produzione di buoni documenti scritti da chiunque svolga una professione all'interno di una struttura organizzativa anche molto semplice, o sia impegnato in compiti che implicano attività di progetto, comunicazione di dati, notizie, risultati.

Questo corso si propone di avvicinare gli studenti alla scrittura, in particolare a quella tecnico-scientifica, offrendo loro gli strumenti teorici e pratici per familiarizzare con un mezzo di comunicazione spesso sottovalutato e spesso origine di dubbi e difficoltà. Saranno presentati principi, tecniche, procedure e strumenti per ottenere un buon testo scritto che esibisca quegli aspetti di organizzazione concettuale e di accuratezza formale per i quali si possa parlare di prodotto professionale.

### **PROGRAMMA**

La comunicazione

- Modelli
- Applicazioni
- La comunicazione orale e la comunicazione scritta

I testi

- Che cosa fa di un insieme di parole un testo?
- Tipi e generi testuali
- Testi con vincoli

Il testo come processo

- Pianificazione
- Stesura
- Revisione

I testi tecnico-scientifici: principi di technical writing

- Aspetti di pianificazione

La situazione comunicativa

Scalette standard

- Aspetti linguistici

I linguaggi settoriali

Strutture sintattiche

Elementi di coesione

- Convenzioni

Uso delle risorse tipografiche

Simboli

Illustrazioni

Il corso prevede esercitazioni con l'impiego di strumenti informatici.

## BIBLIOGRAFIA

A inizio corso saranno disponibili delle dispense che costituiranno il testo di riferimento principale. Eventuali integrazioni saranno indicate durante il corso e rese disponibili in forma di fotocopia.

## MODALITÀ D'ESAME

L'esame è costituito da un test sui contenuti affrontati durante il corso e da una relazione scritta.

Durante il corso, gli studenti possono sostenere alcune prove brevi, nelle quali sono chiamati ad applicare quanto discusso a lezione. Il superamento di queste sostituisce la relazione scritta conclusiva.

## PROGRAMMA

- La comunicazione
- Modelli
- Applicazioni
- La comunicazione orale e la comunicazione scritta
- I testi
- Che cosa fa di un insieme di parole un testo?
- Tipi e generi testuali
- Testi con vincoli
- Il testo come processo
- L'analisi testuale
- Stesura
- Revisione
- I testi tecnico-scientifici: principi di technical writing
- Aspetti di presentazione
- La situazione comunicativa
- Scelte standard
- Aspetti linguistici
- I linguaggi settoriali
- Strutture sintattiche
- Elementi di coesione
- Convenzioni
- Uso delle risorse tipografiche
- Simboli
- Illustrazioni

Il corso prevede esercitazioni con l'impiego di strumenti informatici.