



## SOMMARIO

INTRODUZIONE ALLA GUIDA AI PROGRAMMI

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI OBLIGATORI

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI IMPARTITI A MONDOVI

PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE DELLE

INDICE ALFABETICO PER INSEGNAMENTO

**POLITECNICO  
DI TORINO**

# INGEGNERIA CHIMICA

Guida  
ai programmi  
dei corsi  
2000/2001

Lo scopo fondamentale del presente opuscolo è quella 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.

Si consiglia la lettura del Manifesto degli Studi, ove sono riportate tutte le novità relative alle modalità di formulazione dei piani di studio e alle iscrizioni.

### **Cosa sono i crediti**

Per gli studi politecnici un credito didattico corrisponderà, per un allievo di medie capacità, a circa venticinque 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**

In futuro il sistema dei moduli didattici rappresenterà 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 sia 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 precedenze.

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 del piano di studio.

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

## ■ CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA

### **PROFILO PROFESSIONALE**

Il corso di laurea in Ingegneria chimica costituisce una delle articolazioni dell'ingegneria industriale nella quale ben si configura dal punto di vista dello sviluppo professionale e della matrice tecnologica, pur distinguendosi per lo specifico approccio culturale.

L'afferenza al settore dell'ingegneria industriale, che riguarda essenzialmente lo sviluppo professionale, risulta dal complesso delle discipline di tipo sia scientifico sia tecnologico che costituiscono il bagaglio culturale dell'ingegnere chimico chiamato prevalentemente ad operare nell'industria di processo. A formare tale bagaglio contribuiscono apporti più consolidati derivanti dall'ingegneria strutturale, dalla tecnologia meccanica ed impiantistica ed altri più innovativi, legati all'elettronica, all'analisi dei sistemi ed alla economia industriale.

L'insieme di tali apporti costituisce il supporto di base del corso di laurea, con il quale si intendono fornire al laureato gli strumenti per la valutazione d'insieme dello sviluppo di un qualunque processo industriale. Su tale base si inserisce poi, caratterizzandola, uno specifico contributo proprio dell'ingegneria chimica. Esso consiste essenzialmente nella conoscenza dei meccanismi chimico-fisici, considerati dal punto di vista termodinamico, cinetico, e di trasporto che condizionano e regolano sia le trasformazioni naturali, sia i processi tecnologici. In questo senso, utilizzando la componente culturale specifica così individuata, è possibile per il laureato in ingegneria chimica affrontare criticamente procedimenti industriali di produzione e di trasformazione della materia, allo scopo di ottenere in modo ottimale prodotti di base, intermedi e sostanze chimiche particolari.

Nell'individuazione del profilo professionale dell'ingegnere chimico si è tenuto presente il fatto che la sua specificità non si esplica solo nella professionalità legata all'industria di processo chimico, ma anche nell'approccio a qualunque processo industriale analizzato nei suoi elementi fondamentali di trasformazione e di trasporto della materia. Si può affermare che questo approccio è una prerogativa dell'ingegnere chimico, in quanto connesso con una formazione specifica innestata su una struttura di base tecnico-scientifica di tipo industriale.

Per costruire il curriculum di studi dell'ingegnere chimico secondo le indicazioni sopra enunciate, vengono utilizzati differenti supporti didattici: la base di matematica, informatica di base, chimica, fisica, è comune a tutto il settore dell'ingegneria; successivamente viene introdotto un approccio comune al settore industriale costituito da corsi di meccanica, scienza delle costruzioni, elettrotecnica, elettronica, costruzione meccanica, sviluppati al livello di preparazione generale e di individuazione dei principi fondamentali. Più in dettaglio è programmata invece la formazione nell'ambito specifico dell'ingegneria chimica, operando mediante lo sviluppo successivo di tematiche legate alla termodinamica ed alla cinetica applicata, ai fenomeni di trasporto, alla progettazione delle singole apparecchiature, alla definizione complessiva di impianto ed al suo controllo.

Accanto a tali aree culturali, realizzate mediante discipline basate su un approccio metodologico, sono presenti contributi più applicati, i quali, attraverso l'utilizzo degli strumenti in precedenza offerti, sono indirizzati a specifiche tecnologie. Si segnalano in particolare la chimica di processo, le modalità di contenimento dell'impatto ambientale, le tecnologie biochimiche ed alimentari, la tecnologia della produzione e del corretto utilizzo dei materiali.

La figura che emerge da questo profilo professionale è quella di uno specialista con ampie conoscenze di base, che può soddisfare le esigenze non solo dell'industria chimica, ma più in generale di ampi settori produttivi e terziari.

## **INSEGNAMENTI OBBLIGATORI**

L'insieme degli insegnamenti obbligatori, e cioè la somma degli insegnamenti comuni a tutti i corsi di laurea, di quelli comuni al settore industriale, e di quelli caratterizzanti l'ingegneria chimica, è stato costituito allo scopo di fornire una preparazione sia di base sia specifica tecnico-professionale congruente con le indicazioni del profilo professionale precedentemente esposte.

Gli insegnamenti di *Analisi matematica 1 e 2*, di *Geometria* e di *Fisica 1 e 2* concorrono alla formazione fisico-matematica di base. L'operazione di riordino ha tuttavia stimolato un'approfondita discussione sui programmi degli insegnamenti e ciò dovrebbe consentire, almeno negli insegnamenti del secondo anno, di poter veder inseriti contenuti particolarmente affini ai vari settori dell'ingegneria.

La preparazione di base è completata da un insegnamento di *Fondamenti di informatica*, in cui vengono fornite agli allievi nozioni introduttive sulla struttura di un elaboratore, sulla rappresentazione dell'informazione al suo interno e sui principali componenti *software* che costituiscono un sistema informatico, e da tre insegnamenti di chimica: *Chimica 1 e 2* e *Chimica organica* (gli ultimi due di tipo ridotto) che dovranno fornire agli allievi una preparazione culturale adeguata nell'area di lavoro più specifica del ramo di ingegneria prescelto.

La formazione di una cultura ingegneristica di tipo industriale, e non propriamente mirata all'area chimica, è affidata ad un insieme di insegnamenti particolarmente coerenti con il profilo professionale già tracciato. Ai tradizionali insegnamenti di *Scienza delle costruzioni*, *Elementi di meccanica teorica ed applicata* (che raccoglie, integrandoli, i contenuti della meccanica razionale e della meccanica applicata) e *Macchine* sono stati accostati quelli di *Applicazioni industriali elettriche* (in cui particolare spazio viene dato alle macchine elettriche, ai trasformatori ed ai quadri, ma anche agli impianti di terra ed alla normativa tecnica ed anti-infortunistica), di *Elettronica applicata*, di *Tecnologia dei materiali e chimica applicata* e di *Costruzione di macchine*. Quest'ultimo insegnamento è di tipo integrato ed accoglie parte dei contenuti dell'insegnamento di *Disegno tecnico industriale*, fornendo all'allievo non solo criteri di progettazione e costruzione delle macchine, ma anche nozioni in merito alle principali tecniche di rappresentazione di parti ed insiemi di impianto.

Agli insegnamenti di *Chimica industriale 1 e 2* è affidato il compito di formare la cultura processistica dell'allievo; il secondo insegnamento è di tipo integrato e deve contenere nozioni della disciplina di *Sicurezza e protezione ambientale nei processi chimici*, non potendosi disgiungere dallo studio del processo l'analisi della sua compatibilità ambientale interna (cioè relativa all'ambiente di lavoro) ed esterna.

Il blocco degli insegnamenti di principistica ed impiantistica chimica è costituito da cinque insegnamenti e precisamente *Termodinamica dell'ingegneria chimica* (integrato con nozioni di *Elettrochimica*), *Principi di ingegneria chimica 1 e 2* (il secondo integrato con nozioni di *Cinetica chimica applicata*) ed *Impianti chimici 1 e 2* (il secondo integrato con nozioni di *Ingegneria chimica ambientale*). A questi insegnamenti è affidato il compito di preparare l'allievo alla progettazione delle singole apparecchiature e degli impianti chimici, nonché alla conduzione di questi ultimi.

Nel ripartire tra le varie discipline le nozioni indispensabili si è fatto ampio ricorso ad insegnamenti di tipo integrato in modo da affermare esplicitamente l'irrinunciabilità di alcune componenti culturali nella formazione dell'ingegnere chimico. In particolare le nozioni di *Ingegneria chimica ambientale* sono a loro volta di completamento a quelle di *Sicurezza e protezione ambientale nei processi chimici* e devono contribuire a formare nell'allievo quella sensibilità nei confronti del rispetto dell'ambiente che dovrà essere sempre presente nell'esercizio della professione.

L'insieme degli insegnamenti obbligatori è completato da quelli di *Metallurgia*, rivolto in particolare alla scelta dei materiali metallici ed alla conoscenza del loro comportamento in opera, di *Calcolo numerico*, utile, oltre a completare la preparazione matematica degli allievi ed ad aumentarne la familiarità con i mezzi di calcolo automatico, per fornire strumenti di lavoro nel campo del controllo e della modellistica, e di *Istituzioni di economia*, cui è devoluto il compito di fornire all'allievo le nozioni fondamentali di economia utili per l'esercizio della sua professione.

Il quadro didattico di insegnamenti obbligatori sopra delineato vincola rigidamente 25 annualità. Rimangono, per completare il *curriculum*, che è fissato in 29 annualità, 4 annualità che serviranno all'allievo per definire un orientamento tra quelli più avanti proposti.

# ■ ORIENTAMENTI

Gli orientamenti sono predisposti in modo da fornire all'allievo un significativo approfondimento in alcuni dei settori di maggior importanza dell'ingegneria chimica. Nella scelta dei settori si è voluto accostare ai classici raggruppamenti di insegnamenti di tipo processistico, impiantistico (entrambi integrati da insegnamenti dedicati alla difesa dell'ambiente) e metallurgico anche un raggruppamento dedicato al settore biochimico-alimentare, in fase di rapido sviluppo.

L'allievo dovrà inserire nel proprio piano degli studi 4 insegnamenti scelti in modo coordinato tra quelli dell'orientamento prescelto. I criteri per tale scelta vengono fissati dal Consiglio di Corso di Laurea.

Quinto anno		Terzo anno	
Titolo	P.D.	Titolo	P.D.
Chimica industriale I	1	Chimica industriale I	1
Chimica industriale II	2	Chimica industriale II	2
Chimica analitica	3	Chimica analitica	3
Chimica organica	4	Chimica organica	4
Chimica inorganica	5	Chimica inorganica	5
Chimica fisica	6	Chimica fisica	6
Chimica applicata	7	Chimica applicata	7
Chimica computazionale	8	Chimica computazionale	8
Chimica ambientale	9	Chimica ambientale	9
Chimica farmaceutica	10	Chimica farmaceutica	10
Chimica dei materiali	11	Chimica dei materiali	11
Chimica delle superfici	12	Chimica delle superfici	12
Chimica delle nanoparticelle	13	Chimica delle nanoparticelle	13
Chimica dei polimeri	14	Chimica dei polimeri	14
Chimica dei catalizzatori	15	Chimica dei catalizzatori	15
Chimica dei metalli	16	Chimica dei metalli	16
Chimica dei minerali	17	Chimica dei minerali	17
Chimica dei combustibili	18	Chimica dei combustibili	18
Chimica dei prodotti petroliferi	19	Chimica dei prodotti petroliferi	19
Chimica dei prodotti chimici	20	Chimica dei prodotti chimici	20
Chimica dei prodotti farmaceutici	21	Chimica dei prodotti farmaceutici	21
Chimica dei prodotti agricoli	22	Chimica dei prodotti agricoli	22
Chimica dei prodotti alimentari	23	Chimica dei prodotti alimentari	23
Chimica dei prodotti cosmetici	24	Chimica dei prodotti cosmetici	24
Chimica dei prodotti per la casa	25	Chimica dei prodotti per la casa	25
Chimica dei prodotti per l'automobile	26	Chimica dei prodotti per l'automobile	26
Chimica dei prodotti per l'edilizia	27	Chimica dei prodotti per l'edilizia	27
Chimica dei prodotti per l'energia	28	Chimica dei prodotti per l'energia	28
Chimica dei prodotti per l'ambiente	29	Chimica dei prodotti per l'ambiente	29
Chimica dei prodotti per la salute	30	Chimica dei prodotti per la salute	30
Chimica dei prodotti per la sicurezza	31	Chimica dei prodotti per la sicurezza	31
Chimica dei prodotti per la difesa	32	Chimica dei prodotti per la difesa	32
Chimica dei prodotti per la ricerca	33	Chimica dei prodotti per la ricerca	33
Chimica dei prodotti per l'industria	34	Chimica dei prodotti per l'industria	34
Chimica dei prodotti per il commercio	35	Chimica dei prodotti per il commercio	35
Chimica dei prodotti per il turismo	36	Chimica dei prodotti per il turismo	36
Chimica dei prodotti per il tempo libero	37	Chimica dei prodotti per il tempo libero	37
Chimica dei prodotti per il benessere	38	Chimica dei prodotti per il benessere	38
Chimica dei prodotti per la qualità della vita	39	Chimica dei prodotti per la qualità della vita	39
Chimica dei prodotti per la sostenibilità	40	Chimica dei prodotti per la sostenibilità	40
Chimica dei prodotti per l'innovazione	41	Chimica dei prodotti per l'innovazione	41
Chimica dei prodotti per la competitività	42	Chimica dei prodotti per la competitività	42
Chimica dei prodotti per la crescita	43	Chimica dei prodotti per la crescita	43
Chimica dei prodotti per lo sviluppo	44	Chimica dei prodotti per lo sviluppo	44
Chimica dei prodotti per il progresso	45	Chimica dei prodotti per il progresso	45
Chimica dei prodotti per il futuro	46	Chimica dei prodotti per il futuro	46
Chimica dei prodotti per la speranza	47	Chimica dei prodotti per la speranza	47
Chimica dei prodotti per la fiducia	48	Chimica dei prodotti per la fiducia	48
Chimica dei prodotti per la serenità	49	Chimica dei prodotti per la serenità	49
Chimica dei prodotti per la pace	50	Chimica dei prodotti per la pace	50
Chimica dei prodotti per la giustizia	51	Chimica dei prodotti per la giustizia	51
Chimica dei prodotti per la libertà	52	Chimica dei prodotti per la libertà	52
Chimica dei prodotti per l'uguaglianza	53	Chimica dei prodotti per l'uguaglianza	53
Chimica dei prodotti per la fraternità	54	Chimica dei prodotti per la fraternità	54
Chimica dei prodotti per l'amore	55	Chimica dei prodotti per l'amore	55
Chimica dei prodotti per la vita	56	Chimica dei prodotti per la vita	56
Chimica dei prodotti per la morte	57	Chimica dei prodotti per la morte	57
Chimica dei prodotti per il destino	58	Chimica dei prodotti per il destino	58
Chimica dei prodotti per il fato	59	Chimica dei prodotti per il fato	59
Chimica dei prodotti per il caso	60	Chimica dei prodotti per il caso	60
Chimica dei prodotti per il destino	61	Chimica dei prodotti per il destino	61
Chimica dei prodotti per il fato	62	Chimica dei prodotti per il fato	62
Chimica dei prodotti per il caso	63	Chimica dei prodotti per il caso	63
Chimica dei prodotti per il destino	64	Chimica dei prodotti per il destino	64
Chimica dei prodotti per il fato	65	Chimica dei prodotti per il fato	65
Chimica dei prodotti per il caso	66	Chimica dei prodotti per il caso	66
Chimica dei prodotti per il destino	67	Chimica dei prodotti per il destino	67
Chimica dei prodotti per il fato	68	Chimica dei prodotti per il fato	68
Chimica dei prodotti per il caso	69	Chimica dei prodotti per il caso	69
Chimica dei prodotti per il destino	70	Chimica dei prodotti per il destino	70
Chimica dei prodotti per il fato	71	Chimica dei prodotti per il fato	71
Chimica dei prodotti per il caso	72	Chimica dei prodotti per il caso	72
Chimica dei prodotti per il destino	73	Chimica dei prodotti per il destino	73
Chimica dei prodotti per il fato	74	Chimica dei prodotti per il fato	74
Chimica dei prodotti per il caso	75	Chimica dei prodotti per il caso	75
Chimica dei prodotti per il destino	76	Chimica dei prodotti per il destino	76
Chimica dei prodotti per il fato	77	Chimica dei prodotti per il fato	77
Chimica dei prodotti per il caso	78	Chimica dei prodotti per il caso	78
Chimica dei prodotti per il destino	79	Chimica dei prodotti per il destino	79
Chimica dei prodotti per il fato	80	Chimica dei prodotti per il fato	80
Chimica dei prodotti per il caso	81	Chimica dei prodotti per il caso	81
Chimica dei prodotti per il destino	82	Chimica dei prodotti per il destino	82
Chimica dei prodotti per il fato	83	Chimica dei prodotti per il fato	83
Chimica dei prodotti per il caso	84	Chimica dei prodotti per il caso	84
Chimica dei prodotti per il destino	85	Chimica dei prodotti per il destino	85
Chimica dei prodotti per il fato	86	Chimica dei prodotti per il fato	86
Chimica dei prodotti per il caso	87	Chimica dei prodotti per il caso	87
Chimica dei prodotti per il destino	88	Chimica dei prodotti per il destino	88
Chimica dei prodotti per il fato	89	Chimica dei prodotti per il fato	89
Chimica dei prodotti per il caso	90	Chimica dei prodotti per il caso	90
Chimica dei prodotti per il destino	91	Chimica dei prodotti per il destino	91
Chimica dei prodotti per il fato	92	Chimica dei prodotti per il fato	92
Chimica dei prodotti per il caso	93	Chimica dei prodotti per il caso	93
Chimica dei prodotti per il destino	94	Chimica dei prodotti per il destino	94
Chimica dei prodotti per il fato	95	Chimica dei prodotti per il fato	95
Chimica dei prodotti per il caso	96	Chimica dei prodotti per il caso	96
Chimica dei prodotti per il destino	97	Chimica dei prodotti per il destino	97
Chimica dei prodotti per il fato	98	Chimica dei prodotti per il fato	98
Chimica dei prodotti per il caso	99	Chimica dei prodotti per il caso	99
Chimica dei prodotti per il destino	100	Chimica dei prodotti per il destino	100

## ■ QUADRO DIDATTICO DEGLI INSEGNAMENTI OBBLIGATORI

### Primo anno (non attivato)

P. D.		Titolo
1	C0231	Analisi matematica I
1	C0621	Chimica I
2	C2300	Geometria
2	C1901	Fisica generale I
2	C2170	Fondamenti di informatica

### Secondo anno

P. D.		Titolo
1	C0232	Analisi matematica II
1	C1902	Fisica generale II
1	C0622	Chimica II
2	CA240	Fondamenti di meccanica teorica e applicata
2	C3040	Istituzioni di economia
2	C0290	Applicazioni industriali elettriche

### Terzo anno

P. D.		Titolo
1	C5970	Termodinamica dell'ingegneria chimica
1	C4600	Scienza delle costruzioni
1	C0510	Calcolo numerico
2	C7291	Fenomeni di trasporto I
2	C5570	Tecnologia dei materiali e chimica applicata
2	C0661	Chimica industriale I

### Quarto anno

P. D.		Titolo
1	C3990	Principi di ingegneria chimica
1	C3110	Macchine
1		W
2	C2601	Impianti chimici I
2	C0940	Costruzione di macchine
2	C5850	Teoria dello sviluppo dei processi chimici

### Quinto anno

P. D.		Titolo
1	C2602	Impianti chimici II
1	C0665	Chimica industriale II/Sicurezza e protezione nei processi chimici (i)
1		T
2		X
2		Y
2		Z

W, T, X, Y e Z indicano possibili collocazioni di insegnamenti di orientamento.

## ■ ORIENTAMENTI

A completamento delle annualità obbligatorie, lo studente deve prevedere cinque annualità fra quelle indicate nei seguenti orientamenti.

### **Orientamento Progettazione e Sviluppo**

P. D.		Titolo
W 1	L2030	Fisica matematica (*) oppure
	H5450	Tecnica della sicurezza elettrica (*)
T 1	C7292	Fenomeni di trasporto II
X 2	C4450	Reattori chimici
Y 2	C4170	Progettazione di apparecchiature dell'industria chimica
Z 2	C0910	Corrosione e protezione dei materiali metallici (*) oppure
	C1300	Dinamica e controllo dei processi chimici

(\*) annualità sostituibili con un'annualità della TABELLA H

### **Orientamento Processi di Produzione**

P. D.		Titolo
W 1	C4050	Processi di produzione di materiali macromolecolari oppure
	C4030	Processi biologici industriali
T 1	CA400	Elettrochimica applicata oppure
	C5700	Tecnologie industriali (tessili)
X 2	C0590	Catalisi industriale
Y 2	C4070	Processi elettrochimici oppure
	C4080	Processi industriali della chimica fine
Z 2	CA450	Impianti dell'industria alimentare (*) oppure
	C4500	Reologia dei sistemi omogenei ed eterogenei

(\*) annualità sostituibili con un'annualità della TABELLA H

### **Orientamento Impiantistico Ambientale**

P. D.	Titolo	Crediti
W 1	C4030	Processi biologici industriali
T 1	C2661	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti I
X 2	C2662	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti II
Y 2	C1300	Dinamica e controllo dei processi chimici (*) oppure
	C4450	Reattori chimici
Z 2	C0910	Corrosione e protezione dei materiali metallici (*) oppure

- R1220 Dinamica degli inquinanti  
*oppure*  
C5440 Tecnica della sicurezza ambientale

(\*) annualità sostituibili con un'annualità della TABELLA H

### **Orientamento Metallurgia e Materiali**

P. D.		Titolo
W 1	C4630	Scienza e tecnologia dei materiali ceramici <i>oppure</i> CA400 Elettrochimica applicata
T 1	C4780	Siderurgia <i>oppure</i> C4050 Processi di produzione di materiali macromolecolari <i>oppure</i> E4640 Scienza e tecnologia dei materiali compositi
X 2	C3420	Metallurgia
Y 2	C3430	Metallurgia fisica <i>oppure</i> C4500 Reologia dei sistemi omogenei ed eterogenei
Z 2	C0910	Corrosione e protezione dei materiali metallici (*) <i>oppure</i> C5710 Tecnologie metallurgiche <i>oppure</i> E4682 Scienza e tecnologia dei materiali polimerici II (*)

(\*) annualità sostituibili con un'annualità della TABELLA H

### **Orientamento Biotecnologico ed Alimentare**

P. D.		Titolo
W 1	C3980	Principi di ingegneria biochimica
T 1	C4030	Processi biologici industriali
X 2	C2590	Impianti biochimici
Y 2	CA450	Impianti dell'industria alimentare
Z 2	C4170	Progettazione di apparecchiature dell'industria chimica (*) <i>oppure</i> C1300 Dinamica e controllo dei processi chimici (*) <i>oppure</i> C4500 Reologia dei sistemi omogenei ed eterogenei <i>oppure</i> C2662 Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti II

(\*) annualità sostituibili con un'annualità della TABELLA H

### **Orientamento Sicurezza ed Analisi dei rischi**

P. D.		Titolo
W 1	H5450	Tecnica della sicurezza elettrica
T 1	R1360	Disciplina delle attività tecnico-ingegneristiche (*)

X	2	<b>C5440</b>	Tecnica della sicurezza ambientale
Y	2	<b>C0910</b>	Corrosione e protezione dei materiali metallici <i>oppure</i>
		<b>M3500</b>	Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici (*) <i>oppure</i>
		<b>H3770</b>	Modelli per l'organizzazione e la gestione dei sistemi (*) <i>oppure</i>
		<b>RA160</b>	Ingegneria e sicurezza antincendio (*)
Z	2	<b>MA460</b>	Metodi e modelli per il supporto alle decisioni (*) <i>oppure</i>
		<b>RA210</b>	Sicurezza del lavoro e difesa ambientale

(\*) annualità sostituibili con un'annualità della TABELLA H

Lo studente ha la possibilità di sostituire una delle annualità indicate con (\*) nelle precedenti tabelle con un'altra appartenente alla TABELLA H che segue.

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.

Oltre ai piani congruenti con i piani consigliati precedentemente esposti saranno automaticamente approvati i piani di studio comprendenti complessivamente 29 annualità, fra cui:

a) le seguenti 24 annualità:

P. D.	Titolo
1	C0231 Analisi matematica I
1	C0621 Chimica I
2	C2300 Geometria
2	C1901 Fisica generale I
2	C2170 Fondamenti di informatica
1	C0232 Analisi matematica II
1	C1902 Fisica generale II
1	C0622 Chimica II
2	C3040 Istituzioni di economia
2	CA240 Fondamenti di meccanica teorica e applicata
2	C0290 Applicazioni industriali elettriche
1	C5970 Termodinamica dell'ingegneria chimica
1	C4600 Scienza delle costruzioni
1	C0510 Calcolo numerico
2	C7291 Fenomeni di trasporto I
2	C5570 Tecnologia dei materiali e chimica applicata
2	C0661 Chimica industriale I
1	C3990 Principi di ingegneria chimica
1	C3110 Macchine
2	C2601 Impianti chimici I
2	C5850 Teoria e sviluppo dei processi chimici
2	C0940 Costruzione di macchine
1	C2602 Impianti chimici II
1	C0665 Chimica industriale II/Sicurezza e protezione ambientale nei processi chimici (i)

(i) corso integrato

b) cinque annualità scelte fra quelle di uno degli orientamenti elencati nella Tabella A.

I piani che non soddisfano le predette condizioni verranno esaminati e discussi caso per caso, tenendo conto delle esigenze di formazione culturale e di preparazione professionale dello studente.

Lo studente deve comunque indicare in modo esplicito nel proprio piano di studio l'orientamento prescelto.

### **Tabella A - ORIENTAMENTI**

#### **Orientamento Progettazione e Sviluppo**

Almeno due a scelta fra le seguenti annualità caratterizzanti l'orientamento:

P. D.	Titolo
2	C1300 Dinamica e controllo dei processi chimici
1	C7292 Fenomeni di trasporto II
2	C4170 Progettazione di apparecchiature dell'industria chimica
2	C4450 Reattori chimici

Almeno due a scelta sia fra le annualità caratterizzanti l'orientamento, sia fra le seguenti annualità afferenti:

2	C0590 Catalisi industriale
---	----------------------------

2	<b>C0910</b>	Corrosione e protezione dei materiali metallici
1	<b>C2661</b>	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti I
2	<b>C2662</b>	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti II
1	<b>L2030</b>	Fisica matematica
1	<b>H5450</b>	Tecnica della sicurezza elettrica

L'eventuale quinta annualità, in modo da raggiungere le predette 29, scelta fra quelle elencate nella TABELLA B oppure nella TABELLA H.

### **Orientamento Processi di Produzione**

Almeno due a scelta fra le seguenti annualità caratterizzanti l'orientamento:

P. D.	Titolo
2	<b>C0590</b> Catalisi industriale
1	<b>CA400</b> Elettrochimica applicata
2	<b>C4080</b> Processi industriali della chimica fine
1	<b>C4050</b> Processi di produzione di materiali macromolecolari

Almeno due a scelta sia fra le annualità caratterizzanti l'orientamento, sia fra le seguenti annualità afferenti:

2	<b>CA450</b>	Impianti dell'industria alimentare
1	<b>C4030</b>	Processi biologici industriali
2	<b>C4070</b>	Processi elettrochimici
2	<b>C4450</b>	Reattori chimici
2	<b>C4500</b>	Reologia dei sistemi omogenei ed eterogenei
1	<b>C5700</b>	Tecnologie industriali (tessili)

L'eventuale quinta annualità, in modo da raggiungere le predette 29, scelta fra quelle elencate nella TABELLA B oppure nella TABELLA H.

### **Orientamento Impiantistico Ambientale**

Almeno due a scelta fra le seguenti annualità caratterizzanti l'orientamento:

P. D.	Titolo
1	<b>C2661</b> Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti I
2	<b>C2662</b> Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti II
2	<b>C5440</b> Tecnica della sicurezza ambientale

Almeno due a scelta sia fra le annualità caratterizzanti l'orientamento, sia fra le seguenti annualità afferenti:

2	<b>C0910</b>	Corrosione e protezione dei materiali metallici
2	<b>C1300</b>	Dinamica e controllo dei processi chimici
2	<b>R1220</b>	Dinamica degli inquinanti
1	<b>C4030</b>	Processi biologici industriali
2	<b>C4170</b>	Progettazione di apparecchiature dell'industria chimica
2	<b>C4450</b>	Reattori chimici

L'eventuale quinta annualità, in modo da raggiungere le predette 29, scelta fra quelle elencate nella TABELLA B oppure nella TABELLA H.

### **Orientamento Metallurgia e Materiali**

Almeno due a scelta fra le seguenti annualità caratterizzanti l'orientamento:

P. D.	Titolo
2	<b>C3420</b> Metallurgia

2	C3430	Metallurgia fisica
1	C4050	Processi di produzione di materiali macromolecolari
1	C4630	Scienza e tecnologia dei materiali ceramici

**Almeno due** a scelta sia fra le annualità caratterizzanti l'orientamento, sia fra le seguenti annualità afferenti:

2	C0910	Corrosione e protezione dei materiali metallici
1	CA400	Elettrochimica applicata
1	C1700	Elettrometallurgia
1	E2740	Impianti metallurgici
1	C2661	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti I
2	C2662	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti II
2	C4500	Reologia dei sistemi omogenei ed eterogenei
1	E4640	Scienza e tecnologia dei materiali compositi
2	E4682	Scienza e tecnologia dei materiali polimerici II
1	C4780	Siderurgia
2	C5710	Tecnologie metallurgiche

L'eventuale quinta annualità, in modo da raggiungere le predette 29, scelta fra quelle elencate nella TABELLA B oppure nella TABELLA H.

### **Orientamento Biotecnologico ed Alimentare**

**Almeno due** a scelta fra le seguenti annualità caratterizzanti l'orientamento:

P. D.	Titolo
2	C2590 Impianti biochimici
2	CA450 Impianti dell'industria alimentare
1	C3980 Principi di ingegneria biochimica
1	C4030 Processi biologici industriali

**Almeno due** a scelta sia fra le annualità caratterizzanti l'orientamento, sia fra le seguenti annualità afferenti:

2	C1300	Dinamica e controllo dei processi chimici
1	C2661	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti I
2	C2662	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti II
2	C4170	Progettazione di apparecchiature dell'industria chimica
2	C4500	Reologia dei sistemi omogenei ed eterogenei
2	C5440	Tecnica della sicurezza ambientale

L'eventuale quinta annualità, in modo da raggiungere le predette 29, scelta fra quelle elencate nella TABELLA B oppure nella TABELLA H.

### **Orientamento Sicurezza ed Analisi dei Rischi**

**Almeno due** a scelta fra le seguenti annualità caratterizzanti l'orientamento:

P. D.	Titolo
1	H5450 Tecnica della sicurezza elettrica
2	C5440 Tecnica della sicurezza ambientale
1	RA210 Sicurezza del lavoro e difesa ambientale

**Almeno due** a scelta sia fra le annualità caratterizzanti l'orientamento, sia fra le seguenti annualità afferenti:

2	<b>C0910</b>	Corrosione e protezione dei materiali metallici
2	<b>C1300</b>	Dinamica e controllo dei processi chimici
1	<b>R1360</b>	Disciplina giuridica delle attività tecnico-ingegneristiche
1	<b>RA160</b>	Ingegneria e sicurezza antincendio
2	<b>M3500</b>	Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici
2	<b>MA460</b>	Metodi e modelli per il supporto alle decisioni
2	<b>C4170</b>	Progettazione di apparecchiature dell'industria chimica

L'eventuale quinta annualità, in modo da raggiungere le predette 29, scelta fra quelle elencate nella TABELLA B oppure nella TABELLA H.

### **TABELLA B**

<b>P. D.</b>		<b>Titolo</b>
1	<b>E0440</b>	Biomateriali
2	<b>C0590</b>	Catalisi industriale
2	<b>C0910</b>	Corrosione e protezione dei materiali metallici
2	<b>C1300</b>	Dinamica e controllo dei processi chimici
2	<b>R1220</b>	Dinamica degli inquinanti
1	<b>CA400</b>	Elettrochimica applicata
1	<b>C1700</b>	Elettrometallurgia
1	<b>C7292</b>	Fenomeni di trasporto II
2	<b>C2590</b>	Impianti biochimici
2	<b>CA450</b>	Impianti dell'industria alimentare
1	<b>E2740</b>	Impianti metallurgici
1	<b>C2661</b>	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti I
2	<b>C2662</b>	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti II
2	<b>C3430</b>	Metallurgia fisica
2	<b>C3420</b>	Metallurgia
1	<b>C3980</b>	Principi di ingegneria biochimica
1	<b>C4030</b>	Processi biologici industriali
2	<b>C4070</b>	Processi elettrochimici
1	<b>C4050</b>	Processi di produzione di materiali macromolecolari
2	<b>C4080</b>	Processi industriali della chimica fine
2	<b>C4170</b>	Progettazione di apparecchiature dell'industria chimica
2	<b>C4450</b>	Reattori chimici
2	<b>C4500</b>	Reologia dei sistemi omogenei ed eterogenei
2	<b>C4630</b>	Scienza e tecnologia dei materiali ceramici
1	<b>E4640</b>	Scienza e tecnologia dei materiali compositi
2	<b>E4682</b>	Scienza e tecnologia dei materiali polimerici II
1	<b>C4780</b>	Siderurgia
2	<b>C5440</b>	Tecnica della sicurezza ambientale
1	<b>C5700</b>	Tecnologie industriali (tessili)
2	<b>C5710</b>	Tecnologie metallurgiche

## TABELLA H

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

### Orientamento Industria Cartaria

L'orientamento è destinato agli studenti vincitori di borse di studio bandite dall'ASSOCARTA, i quali, dopo le annualità obbligatorie dei primi quattro anni, dovranno seguire il percorso formativo sotto elencato, costituito da 7 annualità: la prima presso il Politecnico e le altre 6, sostituite con altrettante materie equivalenti, presso l'Ecole Francaise de Papeterie et des Industries Graphiques dell'Institut Nationale Polytechnique di Grenoble, con cui il Politecnico di Torino ha istituito una collaborazione, per la durata di tutto il V anno degli studi.

P. D.		Titolo
1	C0665	Chimica industriale II/Sicurezza e protezione ambientale nei processi chimici (i) <i>da seguire nel I periodo didattico del IV anno in sostituzione della possibilità W che passa al I periodo didattico del V anno</i>
1	C0650	Chimica fisica applicata (industria cartaria) <i>(sostituisce C2602 Impianti chimici II)</i>
1	C4082	Processi industriali della chimica fine II (industria cartaria)
1	CA711	Tecnologie di chimica applicata I (industria cartaria)
2	CA712	Tecnologie di chimica applicata II (industria cartaria)
2	C9861	Tecnologie chimiche speciali I (industria cartaria)
2	C9862	Tecnologie chimiche speciali II (industria cartaria)

L'annualità C0665 Chimica industriale II/Sicurezza e protezione ambientale nei processi chimici (i) può essere sostituita con quella prevista alla collocazione W nel piano di studio già approvato degli studenti vincitori delle borse di studio di cui sopra. Non sono invece ammesse sostituzioni con insegnamenti della TABELLA H.

## ■ 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 da consegnare al Presidente medesimo almeno sei mesi prima dell'esame.

Le date delle sessioni di laurea sono indicate nel Manifesto degli Studi.

PROGRAMMI  
DEGLI INSEGNAMENTI

Anni: 2	Periodo: 1
Indirizzo (in 5+1):	Lezioni: 6      esercitazioni: 4
Docente:	Miguel ROLANDO

### 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 dei sistemi differenziali e ai metodi di sviluppo in serie.

### REQUISITI

Sono propedeutici i corsi di Analisi Matematica I.

### PROGRAMMA

- 1) Funzioni di più variabili (4 ore lec., 3 ore es.). Nozioni di topologia negli spazi  $n$ -dimensionali. Il Teorema di Weierstrass.
- 2) Calcolo differenziale per funzioni di più variabili (7 ore lec., 7 ore es.).
  - Funzioni scalari: Derivate parziali, Derivate direzionali, Differenziale, piano tangente, Gradiente, Formula di Taylor, Matrice Hessiana, Punti stazionari, Classificazione.
  - Funzioni vettoriali, Derivate parziali, Derivate direzionali, Matrice Jacobiana, Differenziale, Derivazione di una funzione composta rispetto della curva.
  - 3) Calcolo differenziale su curve e superfici (5 ore lec., 4 ore es.). Curve:
    - Superfici regolari nello spazio, Funzioni implicite e varietà.
    - Massimi e minimi vincolari, moltiplicatori di Lagrange.
  - 4) Integrali multipli (10 ore lec., 12 ore es.). Integrali multipli e loro trasformazioni nello spazio  $n$ -dimensionale, Teorema di Gauss, Primo teorema di Green, Teoremi di derivazione sotto il segno di integrali.
  - 5) Integrali su curve e superfici (8 ore lec., 6 ore es.). Integrali curvilinei, Area di una superficie, Secondo teorema di Gauss, Superfici orientate, Integrali di fluxo, Teoremi della divergenza, Formula differenziale lineare, Integrali di linea di un campo, Teorema di Green, Teorema di Stokes, Formula differenziale esatta, Teorema fondamentale, Potenziali.
  - 6) Serie numeriche e serie di funzioni (10 ore lec., 6 ore es.). Serie numeriche, generalità, Serie a termini positivi, Serie a termini di segno alterno, Assoluta convergenza, Serie negli spazi normati, Serie di funzioni, convergenza puntuale e assoluta, in media quadratica, uniformemente, Teoremi di Weierstrass, Teoremi di integrazione e derivazione per serie.
  - 7) Serie di Fourier (6 ore lec., 2 ore es.). Funzioni periodiche, Famiglie ortogonali di funzioni, Funzioni trigonometriche, Polinomio di Fourier di una funzione a quadrato integrabile, Serie di Fourier non convergenza in media quadratica, identità di Parseval, Convergenza puntuale ed uniforme della serie di Fourier.
  - 8) Serie di potenze (3 ore lec., 6 ore es.). Serie di potenze, raggio di convergenza, Sviluppo in serie di Taylor, Sviluppi asintotici.
  - 9) Sistemi differenziali mediante integrali non elementari, Applicazioni numeriche, Metodo di Runge-Kutta.
  - 10) Sistemi di equazioni differenziali (11 ore lec., 6 ore es.). Sistemi di equazioni differenziali del primo ordine, Problema di Cauchy, Equazioni differenziali di ordine  $n$ .

## PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI

## **C0232 ANALISI MATEMATICA II**

Anno: 2                      Periodo: 1  
Impegno (ore sett.)      lezioni: 6                  esercitazioni: 4  
Docente:                    **Magda ROLANDO**

---

### **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**

Sono propedeutici i corsi di Analisi Matematica I e Geometria.

### **PROGRAMMA**

- 1) Funzioni di più variabili (4 ore lez., 3 ore es.). Nozioni di topologia negli spazi n-dimensionali. Limite. Continuità.
- 2) Calcolo differenziale per funzioni di più variabili (7 ore lez., 7 ore es.).  
Funzioni scalari: Derivate parziali. Derivate direzionali. Differenziale; piano tangente. Gradiente. Formula di Taylor. Matrice Hessiana. Punti stazionari: loro classificazione.  
Funzioni vettoriali: Derivate parziali. Derivate direzionali. Matrice Jacobiana. Differenziale. Derivazione di una funzione composta: regola della catena.
- 3) Calcolo differenziale su curve e superfici (5 ore lez., 4 ore es.). Curve.  
Superfici regolari nello spazio. Funzioni implicite e varietà.  
Massimi e minimi vincolati, moltiplicatori di Lagrange.
- 4) Integrali multipli (10 ore lez., 12 ore es.). Integrali multipli e loro trasformazioni nello spazio n-dimensionale. Primo teorema di Guldino.  
Cenni sugli integrali impropri. Funzioni definite mediante integrali, teorema di derivazione sotto il segno di integrale.
- 5) Integrali su curve e superfici (8 ore lez., 6 ore es.). Integrale curvilineo.  
Area di una superficie. Secondo teorema di Guldino. Superfici orientate.  
Integrale di flusso. Teorema della divergenza. Forma differenziale lineare.  
Integrale di linea di un campo. Teorema di Green. Teorema di Stokes.  
Forma differenziale esatta. Teorema fondamentale. Potenziale.
- 6) Serie numeriche e serie di funzioni (10 ore lez., 4 ore es.). Serie numeriche, generalità. Serie a termini positivi. Serie a termini di segno alterno. Assoluta convergenza. Serie negli spazi normati. Serie di funzioni; convergenza puntuale e assoluta, in media quadratica, uniforme. Teorema di Weierstrass. Teorema di integrazione e derivazione per serie.
- 7) Serie di Fourier (6 ore lez., 2 ore es.) Funzioni periodiche. Famiglie ortogonali di funzioni. Polinomi trigonometrici. Polinomio di Fourier di una funzione a quadrato integrabile. Serie di Fourier, sua convergenza in media quadratica. Identità di Parseval. Convergenza puntuale ed uniforme della serie di Fourier.
- 8) Serie di potenze (8 ore lez., 6 ore es.). Serie di potenze, raggio di convergenza. Sviluppo in serie di Taylor. Sviluppi notevoli.  
Funzioni definite mediante integrali non elementari. Applicazioni numeriche.  
Matrice esponenziale.
- 9) Sistemi di equazioni differenziali (14 ore lez., 6 ore es.).  
Sistemi di equazioni differenziali del primo ordine. Problema di Cauchy.  
Equazioni differenziali di ordine n.

Sistemi differenziali del primo ordine lineari in forma normale. Sistema omogeneo. Sistema completo, metodo di Lagrange. Equazioni differenziali di ordine  $n$  lineari. Integrazione per serie di equazioni differenziali lineari del secondo ordine. Sistemi differenziali lineari a coefficienti costanti del primo ordine. Sistemi omogenei soluzioni e loro soluzioni tramite la matrice esponenziale.

Sistemi lineari non omogenei di tipo particolare.

Equazioni differenziali lineari di ordine  $n$  a coefficienti costanti.

## **BIBLIOGRAFIA**

A. Bacciotti - F. Ricci, *Lezioni di Analisi Matematica II*, Levrotto & Bella, Torino, 1991.

Testi ausiliari:

- S. Salsa - A. Squellati, *Esercizi di Analisi Matematica II*, Masson, Milano, 1994.

- H.B. Dwight, *Tables of integrals and other mathematical data*, MacMillan.

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

## **ESAME**

L'esame consiste in una prova scritta ed una orale, che devono essere sostenute nello stesso appello. Lo studente può presentarsi alla prova scritta una volta per sessione. E' necessario prenotarsi preventivamente all'appello, consegnando lo Statino presso la segreteria didattica del Dipartimento di Matematica, 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 è vietato l'uso di qualsiasi tipo di macchina calcolatrice e di computer; lo studente può utilizzare gli appunti del corso, il libro di testo e le tavole.

Se la prova scritta non viene ritirata dallo studente dopo la presentazione delle soluzioni da parte del docente effettuata al termine della prova scritta, l'esito dell'esame verrà comunque registrato.

L'orale non può essere sostenuto se la prova scritta risulta insufficiente.

L'eventuale esito negativo della prova orale comporta la ripetizione anche della prova scritta in una successiva sessione.



## C0510 CALCOLO NUMERICO

Anno: 3                      Periodo: 1  
Impegno (ore sett.)      lezioni: 6                  esercitazioni: 2  
Docente:                    **Paola BARATELLA**

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

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

### **REQUISITI**

Analisi I, Geometria, Fondamenti di Informatica.

### **PROGRAMMA**

#### 1. Aritmetica, errori (5 ore)

Rappresentazione dei numeri in un calcolatore  
Errori di arrotondamento, operazioni di macchina  
Cancellazione numerica  
Condizionamento di un problema, stabilità di un algoritmo

#### 2. Sistemi lineari (12 ore)

Metodo di eliminazione di Gauss  
Decomposizione di Gauss e fattorizzazione LU  
Determinazione matrice inversa  
Metodi iterativi: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR  
3. Autovalori di matrici (8 ore)  
Metodo delle potenze  
Metodo delle potenze inverse  
Trasformazioni di similitudine e trasformazioni di Householder  
Cenni sul metodo QR

#### 4. Approssimazione di dati e funzioni (12 ore)

Interpolazione polinomiale: formule di Lagrange e di Newton  
Interpolazione con funzioni polinomiali a tratti  
Funzioni spline  
Metodo dei minimi quadrati

#### 5. Equazioni non lineari (4 ore)

Radici di equazioni non lineari: metodi di bisezione, secanti, tangenti: metodi iterativi in generale

Sistemi di equazioni non lineari: metodo di Newton e sue varianti; metodi iterativi in generale

#### 6. Calcolo di integrali (6 ore)

Formule di quadratura di tipo interpolatorio: formule di Newton Cotes e gaussiane  
Formule composte  
Routines automatiche

#### 7. Equazioni differenziali ordinarie (12 ore)

Metodi one-step espliciti. Metodi Runge-Kutta  
Metodi multi-step lineari. Metodi di Adams  
Convergenza e stabilità dei metodi numerici  
Sistemi stiff

8. Equazioni alle derivate parziali (15 ore)

Caratteristiche. Classificazione delle equazioni quasi-lineari di ordine 2

Metodi alle differenze finite

Metodi dei residui pesati (collocazione, Galerkin). Elementi finiti

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Nelle esercitazioni in aula vengono sottolineati, con esempi, aspetti particolarmente importanti degli argomenti trattati nelle lezioni, svolti esercizi che contribuiscono ad una miglior comprensione della teoria e costruiti algoritmi di calcolo. Vengono inoltre proposte allo studente delle esercitazioni al calcolatore da svolgere a casa o presso i LAIB del Politecnico.

## BIBLIOGRAFIA

G.Monegato, Fondamenti di Calcolo Numerico, ed. CLUT, Torino, 1998.

## ESAME

1. E' prevista, per i soli iscritti al corso, una prova scritta di metà semestre (15-20 dicembre). Il superamento di questa prova comporta l'esonero della corrispondente parte di programma, purché l'esame finale sia sostenuto negli appelli n. 1,2,3. L'esame finale è solo orale. Nel corso della prova non è ammessa la consultazione di testi. L'eventuale ritiro durante la prova di esonero non comporta alcune conseguenza.

2. Negli appelli previsti dal calendario l'esame è solo orale.

## C0590 CATALISI INDUSTRIALE

Anno: 5	Periodo: 2	
Impegno (ore totali)	lezioni: 80	esercitazioni / laboratori: 8
Docente:	da nominare (referente: <b>Guido SARACCO</b> )	

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

La catalisi è una disciplina che correla struttura chimica e reattività, cinetica chimica e fenomeni di trasporto. Nei cicli di produzione di beni di largo consumo lo stadio catalitico rappresenta nella maggior parte dei casi la chiave di accesso all'ottenimento di alte rese e selettività. Il corso si propone di fornire una esauriente introduzione alle problematiche associate a ricerca e sviluppo di processi catalitici "dal laboratorio all'impianto industriale". Vengono infine prese in esame le principali applicazioni industriali, inclusi i processi catalitici per l'abbattimento di emissioni nocive.

### PROGRAMMA

*Introduzione ai concetti di base.* Catalisi omogenea ed eterogenea, attività catalitica, selettività, funzionalità, "cammini di reazione", classificazione e selezione dei catalizzatori, ecc. [6 ore].

*Adsorbimento.* Caratterizzazione dei tipi di adsorbimento: adsorbimento fisico e chimico. Calore di adsorbimento e sua determinazione sperimentale. Modellazione: isoterme di Freundlich, Langmuir e Temkin [6 ore].

*Velocità e modelli cinetici delle reazioni catalitiche eterogenee.* Correlazioni empiriche. Modelli cinetici formali: modello di Langmuir-Hinshelwood, modello di Rideal. Energia di attivazione apparente, dipendenza della velocità della reazione catalizzata eterogenea dalla temperatura. Alcuni usi e limitazioni dei modelli cinetici. Avvelenamento e periodo di induzione. [6 ore]

*Preparazione e produzione di catalizzatori.* Generalità. Metodi per precipitazione o per impregnazione. Impianti per la preparazione dei catalizzatori. Supporti catalitici: allumina, silice, carbone attivo, ossido di titanio, zeoliti, ecc. [8 ore]

*Caratterizzazione chimico-fisica dei catalizzatori.* Misura dell'area superficiale specifica. Area superficiale per chemisorbimento selettivo. Volume dei pori e loro distribuzione dimensionale. Metodi spettrometrici di caratterizzazione: FTIR, NMR, diffrazione di raggi X, ecc. Metodi calorimetrici. Microscopia elettronica. Determinazione dell'acidità di un catalizzatore. [8 ore]

*Reattori di laboratorio per la determinazione di attività, funzionalità e cinetica catalitica.* Reattore a pulso, reattori batch e semi-batch, reattori tubolari integrali/differenziali, reattori a ricircolo esterno/interno, reattori a letto fluidizzato. Trasferimento di massa e di calore in catalisi eterogenea. Metodi sperimentali e criteri teorici per la determinazione dei regimi di reazione. [8 ore]

*Processi catalitici industriali. Processi catalitici nell'industria petrolchimica* [8 ore]: cracking catalitico, reforming catalitico, ciclizzazione, isomerizzazione, idrodesolforazione, hydrocracking, hydro-treating, deidrogenazione, ecc. *Gas di sintesi e processi associati* [8 ore]: steam reforming, sintesi di Fisher-Tropsch, sintesi del metanolo, sintesi dell'ammoniaca. *Combustione catalitica* [10 ore]: combustione di gas a fini energetici, abbattimento di vapori organici, ossidazioni parziali (es.: etilene - ossido di etilene; metanolo - formaldeide); processi di ossiclorurazione, ossidazione dell'ammoniaca, ossidazione dell'anidride solforosa, ecc. *Processi di idrogenazione* [4 ore] trattamento di oli commestibili, purificazione di solventi, idrogenazione del benzene a cicloesano. *Controllo delle emissioni* [6 ore]: abbattimento di  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , particolato diesel, incombusti e CO da sorgenti fisse e mobili. *Cenni di catalisi omogenea ed enzimatica* [2 ore].

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Saranno svolte in laboratorio prove per l'individuazione della funzionalità catalitica (es. ossidante, disidratante, idrogenante,...) di un lotto di catalizzatori assegnati, correlando in ultima analisi tale funzionalità con la composizione chimica dei catalizzatori.

Saranno quindi svolte prove di determinazione di cinetiche di reazione in reattori a ricircolo con interpolazione dei dati sperimentali con modelli formali.

## BIBLIOGRAFIA

Vengono forniti i lucidi delle lezioni del corso. Per approfondimenti:

C.N. Satterfield, *Heterogeneous catalysis in industrial practice*, McGraw-Hill, New York, 1991.

B.C. Gates, *Catalytic chemistry*, Wiley, New York, 1992.

G.A. Somorjai, *Introduction to surface chemistry and catalysis*, Wiley, 1994.

## ESAME

È prevista una prova orale sugli argomenti del programma.

Anno:2	periodo: 2		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6	esercitazioni: 2	laboratori: 3
(ore totali)	lezioni: 80	esercitazioni: 20	laboratori: 20
Docente:	<b>Franco FERRERO</b>		

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso intende stimolare gli allievi all'approfondimento della conoscenza di aspetti basilari della chimica che si ritengono fondamentali per la formazione dell'ingegnere chimico:

*la chimica degli equilibri in soluzione* (acido-base, redox, complessazione, solubilità), sviluppata nei suoi aspetti quantitativi ed analitici;

*i principi dell'analisi strumentale* (metodi elettrochimici, spettrofotometrici e cromatografici);

*la chimica organica*, sviluppata mediante lo studio sistematico delle principali classi di composti (nomenclatura, struttura, proprietà fisiche e chimiche, fonti industriali, reazioni di preparazione e reazioni tipiche) e l'interpretazione razionale dei meccanismi di reazione (natura dei reagenti, intermedi, aspetti cinetici e termodinamici, stereochimica).

La trattazione teorica è integrata da esercitazioni in aula, concernenti la risoluzione di problemi e calcoli stechiometrici, e soprattutto da esercitazioni di laboratorio, in cui gli allievi, singolarmente o a piccoli gruppi, si applicano in modo diretto all'esecuzione di esperienze basate su determinazioni analitiche. Il corso si articola in 2 unità didattiche (chimica analitica e strumentale, chimica organica).

### **REQUISITI**

E' necessaria la conoscenza degli argomenti trattati nel corso di *Chimica*.

### **PROGRAMMA**

#### *1) Chimica analitica e strumentale*

*Valutazione dei dati analitici*: errori sistematici e casuali, precisione ed accuratezza, trattamento statistico, intervallo di confidenza, scarto di dati, confronto di medie, propagazione dell'errore, cifre significative. [2 ore]

*Concetti fondamentali*: metodi analitici, equilibri ionici, costante stechiometrica e termodinamica, attività, forza ionica. [2 ore]

*Equilibri acido-base*: Elettroliti, solventi, forza degli acidi e delle basi. Bilanci di carica e di massa. Acidi e basi forti. Equilibri acidi e basi deboli, soluzioni tampone. Equilibri acidi e basi polifunzionali, anfoliti. Titolazioni e indicatori acido-base. [6 ore]

*Equilibri di ossido-riduzione*: Reazioni di ossido-riduzione, reazioni elettrodiche, celle elettrochimiche. Potenziali standard, equazione di Nernst, potenziali di cella. Calcolo di costanti di equilibrio, potenziali formali, diagrammi E/pH. Titolazioni di ossido-riduzione. [4 ore]

*Equilibri di complessazione*: formazione di composti di coordinazione, leganti, chelanti. Titolazioni complessometriche. [3 ore]

*Equilibri di solubilità*: solubilità e prodotto di solubilità, ione comune e precipitazione frazionata. Titolazioni di precipitazione. Equilibri di solubilità in relazione ad altri tipi di equilibri. [3 ore]

*Metodi elettrochimici*: elettrodi di riferimento ed elettrodi indicatori, elettrodo a vetro per la misura del pH, elettrodi ionospecifici, titolazioni potenziometriche. Conduttometria. [2 ore]

*Metodi spettrofotometrici*: interazioni tra materia e radiazioni elettromagnetiche. Spettrofotometria UV-VIS e applicazioni analitiche. Spettrofotometria IR e analisi sostanze organiche. Assorbimento atomico. [4 ore]

*Metodi cromatografici*: classificazione, principi, teoria della cromatografia di eluizione. Gascromatografia e altri tipi di separazioni (HPLC, IC, SEC). [4 ore]

2) *Chimica Organica*

*Struttura e proprietà delle molecole organiche*: caratteristiche dei legami, relazioni tra struttura e proprietà, orbitali molecolari, ibridazione, risonanza. Isomeria strutturale. Stereoisomeria. Chiralità molecolare e attività ottica. Configurazione del carbonio chirale. Enantiomeri e diastereoisomeri. Miscele racemiche e reazioni dei composti chirali. [6 ore]

*Alcani*: nomenclatura, isomeria conformazionale, proprietà fisiche, fonti, reazioni. Alogenazione radicalica. Cicloalcani. [6 ore]

*Alcheni*: nomenclatura, isomeria geometrica, stabilità, proprietà fisiche, fonti, metodi di preparazione. Idrogenazione e reazioni di addizione elettrofila, carbocationi. Ossidrilazione ed epoxidazione, scissione ossidativa, ossosintesi. Alogenazione radicalica, radicale allylico. Dieni: struttura e stabilità, reazioni di addizione, carbocatione allylico. Polimerizzazione per addizione di insaturi vinilici e dieni. Caratteristiche di polimeri ed elastomeri. [9 ore]

*Alchini*: struttura e proprietà, metodi di preparazione, reazioni di addizione, idrogenazione, idratazione. Acidità e acetiluri. [2 ore]

*Areni*: benzene, struttura e stabilità, aromaticità, nomenclatura derivati. Reazioni di sostituzione elettrofila aromatica: meccanismo ed elettrofili, reattività ed orientamento nelle reazioni dei derivati monosostituiti e disostituiti del benzene. Sintesi derivati aromatici. Areni: fonti, metodi di preparazione, alogenazione ed ossidazione, radicale e carbocatione benzenico. Idrocarburi aromatici polinucleari. [6 ore]

*Alogenoderivati*: tipi, proprietà fisiche, metodi di preparazione. Reazioni di sostituzione nucleofila alchilica: meccanismi SN2 e SN1, stereochimica, reattività, nucleofilia e basicità reagenti. Reazioni di eliminazione E2 e E1, competitività con SN, fattori influenti. Alogenuri arilici e reazioni di SN arilica. Alogenuri di alchilmagnesio. [4 ore]

*Alcoli, Fenoli, Eteri, Epossidi*: Alcoli: nomenclatura, tipi, struttura, proprietà fisiche, fonti e metodi di preparazione. Dioli e glicerina. Acidità e nucleofilia, reazioni di sostituzione, eliminazione, ossidazione. Fenoli: tipi, proprietà, metodi di preparazione, acidità, reazioni tipiche. Eteri: tipi, metodi di preparazione, proprietà fisiche e chimiche. Epossidi: metodi di preparazione e reazioni di apertura dell'anello. [4 ore]

*Aldeidi e Chetoni*: nomenclatura, struttura, proprietà fisiche, metodi di preparazione. Reazioni di addizione nucleofila al carbonile. Reazioni di ossidazione e di riduzione. Condensazione aldolica. [3 ore]

*Carboidrati*: struttura, proprietà e reazioni dei principali mono, di e polisaccaridi. [2 ore]

*Acidi carbossilici*: nomenclatura, tipi, proprietà fisiche, metodi di preparazione, acidità. Derivati degli acidi e reazioni di sostituzione nucleofila acilica. Esteri: reazioni di preparazione e sostituzione. Condensazione di Claisen. Poliammidi e poliesteri. Lipidi. [4 ore]

*Ammine*: nomenclatura, struttura, tipi, proprietà fisiche, metodi di preparazione, basicità e reazioni tipiche. Sali di diazonio: reazioni di sostituzione e di copolazione. [2 ore]

*Aminoacidi, proteine, acidi nucleici*: struttura e proprietà. DNA e codice genetico. [2 ore]

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

### **ESERCITAZIONI**

Calcoli su equilibri e problemi analitici. [10 ore]

Problemi di chimica organica. [10 ore]

### **LABORATORIO**

Le esercitazioni si effettuano con squadre a numero limitato di allievi, individualmente e/o in piccoli gruppi. I risultati di ogni esercitazione, elaborati statisticamente, vengono presentati in una relazione, che viene corretta e valutata. I giudizi su tali relazioni forniscono un voto di cui si tiene conto nella formulazione del voto di esame.

- Titolazioni acido-base con indicatori e pH-metriche: costruzione curve di titolazione. [6 ore]  
Titolazioni di ossido-riduzione con permanganato e iodometriche. [4 ore]  
Titolazioni complessometriche con EDTA. [2 ore]  
Titolazioni potenziometriche redox e di precipitazione. [3 ore]  
Determinazioni spettrofotometriche nell'UV-VIS. [3 ore]  
Determinazioni gascromatografiche di miscele di sostanze organiche. [2 ore]

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

- F. Ferrero, M.P. Gaglia Prati, *Chimica II: Lezioni ed esercizi (dispense)*.  
D.A. Skoog, D.M. West, F.J. Holler, *Chimica Analitica. Una introduzione*. EdiSES, Napoli, 1996.  
C. Di Bello, *Principi di Chimica Organica*, Decibel-Zanichelli, Padova, 1993.

Testi ausiliari:

- P. Michelin Lausarot, G.A. Vaglio, *Fondamenti di stechiometria*, Piccin, Padova, 1988.  
W.H. Brown, *Introduzione alla chimica organica*, EdiSES, Napoli, 1997.

## ESAME

L'esame consta di due prove scritte, ripetute ogni appello, relative alle unità didattiche di chimica analitica e chimica organica, e di una prova orale finale. Le prove scritte debbono essere superate entrambe con esito positivo per poter accedere all'orale. Dei voti degli scritti e della valutazione di laboratorio si tiene conto nella formulazione del voto finale.

Anno: 3	Periodo: 2	
Impegno (ore totali)	lezioni: 70	esercitazioni: 28
Docente:	<b>Giovanni Battista SARACCO</b> (collab.: <b>Maurizio ONOFRIO</b> )	

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso è essenzialmente volto all'acquisizione dell'insieme dei concetti di tipo processistico ed ingegneristico attraverso i quali, dalla conoscenza dell'aspetto chimico di una tecnologia industriale, se ne può ottenere la realizzazione pratica. Vengono affrontati i principali aspetti termodinamici, cinetici ed in generale chimico-fisici di una reazione chimica. Si considerano le caratteristiche delle sostanze coinvolte nei processi chimici, le modalità di realizzazione di questi ultimi, i bilanci energetici e di materia ad essi connessi, le loro rese, la loro interferenza con l'ambiente (alla luce delle leggi vigenti e delle tecnologie disponibili per combattere l'inquinamento). Si illustrano quindi, secondo le prospettive sopra indicate i più importanti processi della chimica industriale organica.

### **PROGRAMMA**

Linee di produzione ed aspetti economici nell'industria chimica; valutazione complessiva dei bilanci di materia ed energia in un processo chimico. [4 ore]

Caratteristiche idriche dell'industria. [2 ore]

Caratteristiche di impiego, in sicurezza, delle sostanze chimiche. [6 ore]

Cenni sulla vigente legislazione per combattere l'inquinamento di acqua, aria e suolo e sui processi di bonifica dei rifiuti idrici ed aeriformi e di trattamento dei rifiuti solidi. [8 ore]

Calcolo delle proprietà delle sostanze. [4 ore]

Aspetti termodinamici, termochimici e cinetici delle reazioni chimiche. Cinetica di reazione, catalizzatori e reattori chimici. [8 ore]

Dimensionamento di reattori continui e discontinui. [4 ore]

Trasferimento di calore in relazione ai livelli termici del processo chimico. [2 ore]

Principali reazioni di interesse industriale nelle sintesi organiche: idrogenazione, deidrogenazione, ossidazione, esterificazione, alchilazione, solfonazione, nitratura, amminazione, ossosintesi, alogenazione, polimerizzazione, ecc. [32 ore]

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

Nelle esercitazioni vengono illustrati con esempi numerici i concetti di termodinamica e cinetica, nonché gli sviluppi di processo che formano oggetto delle lezioni.

### **BIBLIOGRAFIA**

R. Rigamonti, *Chimica industriale*, CLUT.

G. Natta, I. Pasquon, *I principi fondamentali della chimica industriale*, CLUT.

G. Genon, M. Onofrio, *Esercitazioni di chimica industriale*, CLUT.

P.H. Groggins, *Unit process in organic synthesis*, McGraw-Hill (per approfondimenti).

### **ESAME**

1. Scritto: risoluzione di un esercizio sui temi trattati nelle esercitazioni.
2. Orale: domande sul programma del corso.



Banche dati incidenti. Valutazione probabilistica dei rischi [4 ore].  
Identificazione degli eventi pericolosi [6 ore]  
Analisi storica. Liste di controllo. Metodi ad indici (Dow-ICI). Revisioni di sicurezza. Analisi di operabilità ricorsiva. Dot chart. Analisi dei modi di guasto e degli effetti (FMEA). Prevenzione e protezione antincendio [6 ore]  
Riferimenti normativi e di buona tecnica. Definizioni.  
Incidenti tipici di riferimento e luoghi a maggior rischio di incendio.  
Orientamenti progettuali di tipo "prestazionale" o di tipo "deterministico". Criteri di progettazione attivi, (Impianti di rilevazione, sistemi di raffreddamento, ecc.) o passivi (Coibentazioni, ecc.).  
Conseguenze del rilascio di prodotti infiammabili o tossici [3 ore]  
Tipologia di sorgenti (Rilasci liquidi, gassosi, ecc.).  
Valutazione dei danni per rilasci di energia (Incendio da pozza, Jet fire, Fireball, Esplosioni).  
Danni per esposizione a sostanze tossiche (Dispersione di inquinanti, diffusione di fumi di incendio, ecc.).

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

Per una corretta comprensione del significato, uso e limiti delle differenti metodologie e soprattutto di software commerciali si svilupperanno esercizi pratici su semplici schemi d'impianto. Tali esercizi raccolti sistematicamente costituiranno un fascicolo da portare all'esame; per il loro svolgimento, in alcuni casi, gli allievi saranno riuniti in piccoli gruppi (3-4 persone). 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.  
N. Piccinini, *Affidabilità e sicurezza nell'industria chimica*, SCCFQIM, Barcellona, 1985.  
S. Messina, N. Piccinini, G. Zappellini, *Valutazione probabilistica di rischio*, 3ASI.  
D.A. Crowl, J.F. Louvar, *Chemical process 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).  
È previsto, a metà Periodo didattico, un colloquio orale facoltativo il cui superamento comporta l'esonero di quanto sostenuto. L'esonero è valido esclusivamente per la prima sessione d'esami.

## **C0910      CORROSIONE E PROTEZIONE DEI MATERIALI METALLICI**

Anno: 5

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni: 70

esercitazioni: 10

Docente:

**Mario MAJA** (coll.: **Nerino PENAZZI**)

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso viene sviluppato con l'intento di dare agli allievi ingegneri le basi necessarie per discutere i processi di deterioramento dei materiali metallici provocati dalla corrosione e per scegliere i metodi di protezione e prevenzione più idonei. Verranno discussi sia i processi di corrosione a umido, sia quelli di corrosione a secco e la corrosione per correnti impresse. Vengono inoltre discussi i criteri di scelta dei materiali metallici.

### **REQUISITI**

È necessaria la conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Chimica e Metallurgia.

### **PROGRAMMA**

- Introduzione. [8 ore]

Corrosione ad umido ed a secco, reazioni caratteristiche, danni diretti ed indiretti, costi ed affidabilità, ambienti corrosivi, richiami sulle acque, curva di Tillman, il suolo come elettrolito, velocità della corrosione ed influenza del tempo.

- Termodinamica elettrochimica. [8 ore]

Richiami sugli elettroliti, i potenziali di elettrodo, gli elettrodi di riferimento, misura dei potenziali, diagrammi  $pH-V$  e loro lettura.

- Cinetica elettrochimica. [10 ore]

La polarizzazione degli elettrodi, le curve di polarizzazione, le sovratensioni (ohmica, di attivazione, di diffusione), la legge di Tafel, il comportamento dinamico di un elettrodo e metodi di analisi delle sovratensioni, i fenomeni anodici e la passività dei metalli.

- La isopolarizzazione dei metalli. [5 ore]

Le caratteristiche elettrochimiche delle principali reazioni che interessano la corrosione, il concetto di isopolarizzazione e di potenziale di corrosione, esempi pratici di sistemi reali.

- Coppie galvaniche in CC. [6 ore]

Contatto tra differenti metalli in acqua marina, esempi di coppie galvaniche in *boiler*, tubazioni e reattori, l'inversione delle coppie galvaniche (Fe-Sn e Fe-Zn), grafitizzazione delle ghise.

- La morfologia della corrosione. [12 ore]

Corrosione per vaiolatura, interstiziale, filiforme, intergranulare, sotto sforzo, per fatica, danneggiamento da idrogeno, corrosione atmosferica, biologica e nel suolo.

- Materiali ed ambiente. [5 ore]

Comportamento dei principali acciai e delle leghe di rame e di zinco alla corrosione marina ed atmosferica.

- Prevenzione e protezione. [6 ore]

Inibitori di corrosione (anodici e catodici), protezione catodica, rivestimenti metallici ed organici, criteri di progettazione.

- Prove di corrosione. [5 ore]

Prove in camere a nebbia salina, prove elettrochimiche.

- La corrosione a secco. [5 ore]

La teoria di Wagner, esempi caratteristici di ossidazione di metalli, corrosione lato fumi di caldaie e metodi di prevenzione.

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni vengono svolte discutendo vari casi di corrosione raccolti nel corso degli anni dal laboratorio. Vengono altresì proiettate videocassette edite dalla National Association Corrosion Engineering e concernenti un corso di corrosione per ingegneri tenuto dalla associazione suddetta.

## BIBLIOGRAFIA

G. Bianchi, F. Mazza, *Corrosione e protezione dei metalli*, Masson.

D.A. Jonnes, *Principles and prevention of corrosion*, McMillan.





## R1220 DINAMICA DEGLI INQUINANTI

Anno: 5                      Periodo: 2  
Impegno (ore totali)    lezioni: 4                      esercitazioni: 2  
Docente:                      **Giuseppe GENON**

---

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso prende in esame, sia da un punto di vista fisico, sia di sua descrizione matematica, l'insieme dei fenomeni che interessano l'evoluzione di una qualunque sostanza, di origine industriale e non, la quale, immessa nell'ambiente naturale, ne modifichi le caratteristiche. Viene verificato l'impatto ambientale degli inquinanti di tipo chimico, con riferimento ai livelli di concentrazione ed alla persistenza nei vari comparti ambientali.

### PROGRAMMA

- Generazione di inquinanti e fattori di emissione. [8 ore]
- Diffusione e trasporto di inquinanti aeriformi: modelli stocastici e modelli deterministici. [8 ore]
- Chimica e fotochimica della troposfera: irradiazione solare; cinetica e meccanismi di reazione. [4 ore]
- Fenomeno delle piogge acide, genesi e diffusione. [4 ore]
- Dinamica degli inquinanti immessi in corpi idrici fluenti: autodepurazione; bilancio dell'ossigeno; reazioni chimiche e biochimiche interessanti il carico organico. [6 ore]
- Meccanismi di eutrofizzazione e loro cause. [4 ore]
- Penetrazione di inquinanti in mezzi porosi e semipermeabili; trasporto verso le falde acquifere; reazioni con il terreno. [4 ore]
- Fenomeni di lisciviazione di rifiuti e sostanze residue immessi sul terreno. [4 ore]
- Mineralizzazione; decomposizione; processi legati al compostaggio e all'uso agricolo di sottoprodotti. [4 ore]
- Smaltimento diretto in mare; effetti accidentali; spandimenti. [3 ore]
- Diffusione e persistenza della radioattività. [4 ore]
- Bilanci globali per gli elementi, cicli degli elementi. [5 ore]

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni prevedono circa 10 ore di misure sperimentali, eseguite a gruppi, di fenomeni di inquinamento ambientale (qualità di corpi idrici, inquinanti aerotrasportati, terreni) e 15 ore di visite ad impianti tecnologici di trattamento.

### BIBLIOGRAFIA

Durante le lezioni vengono forniti schemi e dati numerici di riferimento per gli argomenti trattati.

### BIBLIOGRAFIA

Appunti predisposti dal docente ed appunti dalle lezioni.

### TESTI AUSILIARI

O. BELLEZZA, "Scienza delle Costruzioni", Zanichelli, Bologna, 1994

Manuali vari di Disegno Tecnico

## **C1300 DINAMICA E CONTROLLO DEI PROCESSI CHIMICI**

Anno: 5      Periodo: 2  
Impegno (ore totali)      lezioni: 54      esercitazioni: 26      laboratori: 4  
Docente:      **Pier Luca MAFFETTONI**

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso ha lo scopo di fornire all'allievo ingegnere i principi fondamentali necessari per affrontare i problemi di regolazione dei processi e degli impianti chimici. Il corso si rivolge sia all'ingegnere di processo, che deve gestire l'impianto ed il suo sistema di regolazione, sia al progettista, che deve essere in grado di analizzare un impianto esistente e modificare il sistema di controllo o di svilupparne il progetto. Gli aspetti di simulazione del processo e delle apparecchiature chimiche sono sviluppati nell'ottica del controllo del processo stesso, finalizzati alla scelta dei parametri ottimali del sistema di controllo o allo sviluppo di sistemi di controllo avanzati di tipi feed-forward o inferenziale.

Il corso si articola in lezioni in aula, in alcune esercitazioni in aula ed in esercitazioni individuali o in piccoli gruppi condotte presso il laboratorio informatico usando un codice di simulazione.

### **REQUISITI**

Fenomeni di Trasporto, Principi di Ingegneria Chimica, Analisi Matematica I e II.

### **PROGRAMMA**

Introduzione [2 ore]: Obiettivi del controllo, componenti del sistema di controllo.

Simulazione e dinamica dei processi chimici [14 ore]: Trasformate di Laplace. Simulazione del comportamento statico e dinamico dei processi chimici. Simulazione per il controllo.

Linearizzazione, diagrammi a blocchi. Funzioni di trasferimento e modelli input-output.

Comportamento dinamico di sistemi di ordine 1, 2 e superiore. Cenni sui sistemi a parametri distribuiti.

Identificazione di processo [4 ore]: L'identificazione con sollecitazione ad impulso unitario.

Analisi e progetto dei sistemi feedback [8 ore]: Controllo feedback e comportamento dinamico dei sistemi feedback. Effetto del controllo P, PI e PID sulla dinamica dei sistemi feedback.

Analisi di stabilità dei sistemi feedback. Progetto di controllori feedback. Criteri di prestazione, scelta del controllore, tuning. Analisi della risposta in frequenza. Progetto di controllori feedback con tecniche di risposta in frequenza.

Analisi e progetto di sistemi di controllo avanzati [6 ore]: Compensazione del tempo morto. Sistemi con risposta inversa e sistemi a cicli multipli. Feedforward e ratio control.

Controllo adattivo e deduttivo.

Sistemi di controllo multivariabile [6 ore]: Configurazioni M.I.M.O. Interazione e disaccoppiamento.

Progetto del sistema di controllo di un impianto [6 ore]: Strumenti di misura. Controllori.

Cenni sul progetto di sistemi di controllo digitali [4 ore]

Cenni sul controllo di processo avanzato [4 ore]

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

Esercitazioni in aula [8 ore]: Soluzione di equazioni differenziali con trasformate di Laplace.

Sviluppo di schemi a blocchi.

Esercitazioni al laboratorio informatico [18 ore]: Utilizzando un codice di simulazione (Matlab + Simulink) gli studenti possono analizzare il comportamento dinamico di sistemi al variare dei parametri caratteristici del sistema stesso e del controllore. In questo modo, al termine di ogni

settimana, gli studenti possono applicare, attraverso lo studio del sistema di controllo di una semplice apparecchiatura, i concetti e le tecniche trattate nelle precedenti lezioni.

L'esercitazione viene condotta a piccoli gruppi, e comporta lo studio dinamico del sistema con diversi tipi di controllo feedback, della sua stabilità, della risposta in frequenza e la scelta ottimale dei parametri del controllore. Al termine del corso dovrà essere presentata una relazione.

Esercitazioni sperimentali di laboratorio [4 ore]: Valutazione sperimentale di PRC in un impianto (fatta salva la disponibilità del laboratorio e la disponibilità dei servizi).

## BIBLIOGRAFIA

G. Stephanopoulos, Chemical Process Control. Prentice Hall, 1984 integrato da materiale distribuito dal docente.

## ESAME

L'esame consiste in una prova scritta e nella discussione della relazione relativa alle esercitazioni.

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore totali)	lezioni: 52	esercitazioni: 10
Docente:	<b>Luciano ORUSA</b>	

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso costituisce una forma istituzionale di approccio alle materie giuridiche per i futuri ingegneri. Accanto alle nozioni istituzionali di carattere generale viene però sviluppato un complesso di nozioni specifiche relative alle attività professionali degli ingegneri, raggiungendovi da tali punti un certo approfondimento specialistico.

### **PROGRAMMA**

Il programma comprende le principali nozioni circa i concetti di diritto e di Stato, nonché intorno al diritto di famiglia e a quello delle successioni; in forma più ampia ed approfondita si studiano invece i diritti reali e le obbligazioni (con particolare riferimento al contratto di appalto). In materia di Società viene esaminata con particolare cura la società per azioni. Analoga attenzione è dedicata ai concetti di marchio, azienda, ditta, invenzione industriale. Viene altresì esaminata la tutela dei diritti, con le nozioni fondamentali circa la giurisdizione civile ordinaria e il regime delle prove.

Particolare attenzione è dedicata alla disciplina del fallimento e delle altre procedure concorsuali. Particolare ampiezza è altresì rivolta agli atti amministrativi, alla tutela nei confronti dell'amministrazione pubblica e alla giustizia amministrativa, all'urbanistica, all'edilizia, alla espropriazione per pubblica utilità, all'esecuzione delle opere pubbliche e all'appalto pubblico. Circa le specifiche attività professionali degli ingegneri, si esaminano le norme e i principi regolanti la redazione dei progetti edilizi e la loro realizzazione (norme sui cementi armati, norme sulle zone sismiche) ed i principi su cui si basano le responsabilità dell'ingegneria all'interno delle grandi imprese, con particolare riferimento ai danni cagionati dal prodotto.

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

Periti e perizie, responsabilità del progettista e del direttore dei lavori, responsabilità penali dell'ingegnere, norme deontologiche.

### **BIBLIOGRAFIA**

Orusa, *Istituzioni di diritto*, Torino, Giorgio, 1992.

Orusa, Cicala, *Appunti di diritto*, Giorgio, 1991.

È consigliato l'acquisto di un codice civile e di un codice amministrativo.

## CA400 ELETTOCHIMICA APPLICATA

Anno: 5	Periodo: 1		
Impegno (ore totali)	lezioni: 72	esercitazioni: 10	laboratori: 30
Docente:	<b>Paolo SPINELLI</b>		

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso presenta gli aspetti dell'elettrochimica che sono di particolare interesse per l'ingegnere chimico, sia per i contenuti di tipo formativo, sia per le connessioni con importanti settori quali la produzione di energia, le tecnologie avanzate, i processi biologici, la corrosione. I concetti di base vengono sviluppati in funzione dell'utilizzazione tecnico scientifica dei metodi elettrochimici.

### REQUISITI

È richiesta la conoscenza degli argomenti del corso di Termodinamica dell'ingegneria chimica.

### PROGRAMMA

- I sistemi elettrochimici. [4 ore]  
Generatori elettrochimici (pile e accumulatori), elettrolizzatori, definizioni e convenzioni.
- Stechiometria delle reazioni elettrochimiche. [6 ore]  
Leggi di Faraday, bilancio energetico dei sistemi elettrochimici, rendimento di corrente e rendimento energetico, strumenti per la misura della quantità di elettricità.
- Proprietà degli elettroliti. [12 ore]  
Conducibilità degli elettroliti e sua misura, teoria di Arrhenius, teoria di Debye e Huckel, coefficienti di attività degli ioni, numeri di trasporto, elettroliti solidi.
- Studio delle reazioni elettrochimiche. [12 ore]  
Tensione di celle galvaniche e loro misura, potenziali di diffusione, potenziali di membrana ed elettrodi specifici per gli ioni, elettrodi reversibili semplici e multipli, elettrodo campione ed elettrodi di riferimento, diagrammi potenziale -  $pH$ .
- Polarizzazione e cinetica dei processi elettrodici. [12 ore]  
Elettrodi polarizzabili e corrente residua, doppio strato elettrico, curve caratteristiche corrente-tensione, sovratensione di barriera, di diffusione, di reazione, di cristallizzazione, corrente limite di diffusione, processi anodici, passivazione dei metalli e caratteristiche degli strati passivanti.
- Potenziali misti. [8 ore]  
Isopolarizzazione, elettrodi sede di più reazioni elettrochimiche, cenni di corrosione dei metalli.
- Applicazioni analitiche. [8 ore]  
Potenziometria e titolazioni potenziometriche, polarografia, cronopotenziometria, amperometria, coulombometria.
- Cenni sulle principali applicazioni industriali. [10 ore]  
Principi della raffinazione e della produzione elettrochimica dei metalli, cenni di galvanotecnica, cenni sulla lavorazione elettrochimica dei metalli, generatori elettrochimici, pile, accumulatori, pile a combustibile.

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Verranno svolti alcuni esempi di applicazione ed alcuni calcoli relativi ai potenziali di elettrodo, alle tensioni di celle con e senza trasporto, alle sovratensioni.

L'attività di laboratorio riguarderà:

- Misura dei potenziali di diffusione.
- Titolazioni potenziometriche.

- Polarografia.
- Polarizzazione degli elettrodi.
- Curve caratteristiche.
- Protezione del Fe, Ni e Pb.
- Protezione catodica.

## BIBLIOGRAFIA

- G. Bianchi, T. Mussini, *Elettrochimica*, Tamburini Masson, Milano, 1976.  
 G. Kortum, *Trattato di elettrochimica*, Piccin, Padova, 1968.

## C7291 FENOMENI DI TRASPORTO I

Anno: 3

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni: 70

esercitazioni: 48

laboratori: 4

Docente:

**Giancarlo BALDI**

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di illustrare i fondamenti del trasporto di materia, energia e quantità di moto all'interno di una fase, sia per effetto di fenomeni molecolari, sia per effetto della turbolenza. Vengono poi affrontate le problematiche del trasporto tra due fasi e della cinetica del cambiamento di fase. Sono anche presentati i concetti fondamentali della fluidostatica.

### REQUISITI

Termodinamica per l'ingegneria chimica, Analisi Matematica I e II, Calcolo Numerico.

### PROGRAMMA

*Bilanci macroscopici* (8 ore): Bilancio macroscopico di materia, energia e quantità di moto per sistemi aperti e con trasporto convettivo; richiami di termodinamica; bilanci di sistemi con riciclo.

*Fluidostatica* (4 ore): La pressione come variabile scalare; variazione di pressione per forze di campo; variazione di pressione in sistemi multifasi; spinta su superfici.

*Scambi di proprietà con l'esterno* (16 ore): Cinetiche di scambio tipo Ohm: coefficienti di scambio e forze spingenti; modello della fase perfettamente agitata e della corrente monodimensionale; teorema di Buckingham; fattore di attrito in tubi; perdite di energia localizzate; fattore di forma e velocità terminale di caduta di un grave; flusso in letti granulari; misuratori di portata ad area fissa e variabile; coefficienti di scambio di calore e di materia in tubi ed attorno ad oggetti sospesi; coefficienti volumici di scambio di materia.

*Trasporto molecolare* (2 ore): Interpretazione dei fenomeni di trasporto per mezzo della teoria cinetica dei gas; equazioni costitutive per il trasporto di materia, calore e quantità di moto; cenni ai fluidi non Newtoniani.

*Trasporto di quantità di moto in flusso laminare* (12): viscosità di liquidi e gas; equazione di continuità; equazione di variazione della quantità di moto; tensore degli sforzi; equazioni di Navier-Stokes e Eulero; strato limite.

*Fenomenologia della turbolenza* (6): Instabilità turbolenta; variabili fluttuanti; tensore degli sforzi di Reynolds; viscosità turbolenta; lunghezza di mescolamento di Prandtl; profili di velocità in flusso turbolento bidimensionale e in tubi circolari; riconsiderazione dei fattori di attrito e di forma.

*Trasporto di energia* (8): Conducibilità termica di gas, liquidi e solidi; equazione di variazione dell'energia in sistemi omogenei; equazioni di variazione dell'energia termica e meccanica; strato limite termico; convezione naturale; coefficienti di scambio in tubi in regime laminare; trasporto di energia in sistemi turbolenti; conducibilità turbolenta, scambio con l'interfaccia e coefficienti di scambio; analogie di Reynolds, Colburn e Martinelli.

*Trasporto di materia* (8): Diffusività in gas, liquidi e solidi porosi; moto d'insieme e moto diffusivo; equazione di variazione di materia per sistemi a due componenti; trattazione di problemi semplici di diffusione con e senza reazione chimica; cenni ai sistemi a multicomponenti; scambio di materia in sistemi turbolenti; diffusività turbolenta; teorie sullo scambio di materia.

*Trasporto tra più fasi* (2): Ipotesi dell'equilibrio termodinamico all'interfaccia; scambio tra più fasi; resistenze in serie e resistenze controllanti.

*Cinetiche di cambiamento di fase* (4): Evaporazione, condensazione, cristallizzazione.

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula consistono nell'applicazione alla risoluzione di problemi semplici dei concetti sviluppati a lezione.

Le esercitazioni di laboratorio riguarderanno:

Determinazione di perdite di carico per attrito in tubi e valvole; determinazione di coefficienti di scambio di calore in tubi.

## BIBLIOGRAFIA

R.B. Bird *et al.*, *Fenomeni di trasporto*, Ed. Ambrosiana, Milano, 1970

## TESTI DI APPROFONDIMENTO

F.P. Foraboschi, *Principi di ingegneria chimica*, UTET, 1973

## ESAME

L'esame consiste di una prova scritta e una prova orale, svolte nello stesso appello; possono accedere alla prova orale gli allievi che hanno avuto una valutazione  $\geq 15/30$  nella prova scritta. La prova orale può essere sostituita dalla discussione di una relazione approntata dallo studente su un argomento deciso con il docente.

## REQUISITI

Il candidato deve avere una buona padronanza della lingua italiana e delle tecniche di calcolo differenziale e integrale. È richiesta una buona conoscenza della fisica generale e in particolare della termodinamica e della meccanica dei fluidi. È necessario avere una buona conoscenza della chimica generale e in particolare della chimica dei gas e della chimica delle soluzioni. È richiesta una buona conoscenza della matematica, in particolare dell'algebra lineare e del calcolo differenziale e integrale. È necessario avere una buona conoscenza della fisica generale e in particolare della termodinamica e della meccanica dei fluidi. È necessario avere una buona conoscenza della chimica generale e in particolare della chimica dei gas e della chimica delle soluzioni. È richiesta una buona conoscenza della matematica, in particolare dell'algebra lineare e del calcolo differenziale e integrale.

Il candidato deve avere una buona padronanza della lingua italiana e delle tecniche di calcolo differenziale e integrale. È richiesta una buona conoscenza della fisica generale e in particolare della termodinamica e della meccanica dei fluidi. È necessario avere una buona conoscenza della chimica generale e in particolare della chimica dei gas e della chimica delle soluzioni. È richiesta una buona conoscenza della matematica, in particolare dell'algebra lineare e del calcolo differenziale e integrale.

Il candidato deve avere una buona padronanza della lingua italiana e delle tecniche di calcolo differenziale e integrale. È richiesta una buona conoscenza della fisica generale e in particolare della termodinamica e della meccanica dei fluidi. È necessario avere una buona conoscenza della chimica generale e in particolare della chimica dei gas e della chimica delle soluzioni. È richiesta una buona conoscenza della matematica, in particolare dell'algebra lineare e del calcolo differenziale e integrale.

Il candidato deve avere una buona padronanza della lingua italiana e delle tecniche di calcolo differenziale e integrale. È richiesta una buona conoscenza della fisica generale e in particolare della termodinamica e della meccanica dei fluidi. È necessario avere una buona conoscenza della chimica generale e in particolare della chimica dei gas e della chimica delle soluzioni. È richiesta una buona conoscenza della matematica, in particolare dell'algebra lineare e del calcolo differenziale e integrale.

Il candidato deve avere una buona padronanza della lingua italiana e delle tecniche di calcolo differenziale e integrale. È richiesta una buona conoscenza della fisica generale e in particolare della termodinamica e della meccanica dei fluidi. È necessario avere una buona conoscenza della chimica generale e in particolare della chimica dei gas e della chimica delle soluzioni. È richiesta una buona conoscenza della matematica, in particolare dell'algebra lineare e del calcolo differenziale e integrale.

Il candidato deve avere una buona padronanza della lingua italiana e delle tecniche di calcolo differenziale e integrale. È richiesta una buona conoscenza della fisica generale e in particolare della termodinamica e della meccanica dei fluidi. È necessario avere una buona conoscenza della chimica generale e in particolare della chimica dei gas e della chimica delle soluzioni. È richiesta una buona conoscenza della matematica, in particolare dell'algebra lineare e del calcolo differenziale e integrale.

Il candidato deve avere una buona padronanza della lingua italiana e delle tecniche di calcolo differenziale e integrale. È richiesta una buona conoscenza della fisica generale e in particolare della termodinamica e della meccanica dei fluidi. È necessario avere una buona conoscenza della chimica generale e in particolare della chimica dei gas e della chimica delle soluzioni. È richiesta una buona conoscenza della matematica, in particolare dell'algebra lineare e del calcolo differenziale e integrale.

Il candidato deve avere una buona padronanza della lingua italiana e delle tecniche di calcolo differenziale e integrale. È richiesta una buona conoscenza della fisica generale e in particolare della termodinamica e della meccanica dei fluidi. È necessario avere una buona conoscenza della chimica generale e in particolare della chimica dei gas e della chimica delle soluzioni. È richiesta una buona conoscenza della matematica, in particolare dell'algebra lineare e del calcolo differenziale e integrale.

Il candidato deve avere una buona padronanza della lingua italiana e delle tecniche di calcolo differenziale e integrale. È richiesta una buona conoscenza della fisica generale e in particolare della termodinamica e della meccanica dei fluidi. È necessario avere una buona conoscenza della chimica generale e in particolare della chimica dei gas e della chimica delle soluzioni. È richiesta una buona conoscenza della matematica, in particolare dell'algebra lineare e del calcolo differenziale e integrale.

Anno: 4, 5

Periodo: 1

Impegno (ore totali)

lezioni: 40

esercitazioni: 40

Docente:

da nominare

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di approfondire le conoscenze di fluidodinamica con particolare riguardo alla teoria della turbolenza ed alla analisi dei sistemi multifase, applicate a sistemi di interesse per l'ingegneria di processo. Vengono inoltre introdotte le tecniche della Fluidodinamica Computazionale per la predizione dei campi locali di moto, concentrazione e temperatura.

### REQUISITI

Fenomeni di Trasporto I, Termodinamica per l'ingegneria chimica, Calcolo Numerico.

### PROGRAMMA

*Richiami di fluidodinamica:* equazioni di continuità e di Navier-Stokes, bilanci differenziali di materia e di calore.

*Introduzione alla turbolenza:* instabilità turbolenta e proprietà fluttuanti; decomposizione di Reynolds; correlazione e non correlazione tra due variabili fluttuanti; tensore degli sforzi di Reynolds; lunghezza di mescolamento; energia cinetica turbolenta; modelli di chiusura delle equazioni di Navier-Stokes; produzione e dissipazione di energia cinetica turbolenta; microsca- la di Taylor e di Kolmogoroff; spettro di energia; spettro dello scalare e microsca- la di Batchelor.

*Sistemi multifase dispersi:* distribuzione di particelle, bilancio di popolazione; processi di evolu- zione di una popolazione (nucleazione, crescita, aggregazione, rottura); fluidodinamica delle particelle: approccio euleriano e lagrangiano. Applicazione a sistemi gas-solido, liquido-solido, liquido-liquido, liquido-gas.

### ESERCITAZIONI

Vengono introdotte le tecniche di risoluzione adottate dai principali codici fluidodinamici. Si utilizzerà inoltre un codice commerciale, dapprima per la risoluzione di semplici problemi di applicazione della teoria, in seguito per applicazioni di interesse ingegneristico (miscelazione in reattore agitato, dispersione di inquinanti in atmosfera, sospensione di solido)

### BIBLIOGRAFIA

Tennekes H., Lumley J.L., *A first course in turbulence*, MIT Press, 1972.

Ferziger, J.H., Peric, M., *Computational Methods for Fluid Dynamics*, Springer, 1999.

Randolph, A.D., Larson, M.A., *Theory of Particulate Processes*, Academic Press, 1988. FUORI COMMERCIO

## C1902      **FISICA GENERALE II**

Anno: 2	Periodo: 1		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6	esercitazioni: 2	laboratori: 2
Docente:	<b>Laura TROSSI</b> (coll.: <b>Elena TRESSO</b> )		

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Scopo dei corsi di fisica è quello di dare una visione coerente ed unificata dei fenomeni fisici e dei metodi che ne permettono lo studio. Nella prima parte del corso vengono trattate le interazioni elettromagnetiche analizzate in termini di campi. Sono discusse le leggi fondamentali dell'elettromagnetismo (nel vuoto e nella materia) che si compendiano nelle equazioni di Maxwell. Particolare rilievo è dato allo studio dell'onda elettromagnetica, come estensione delle equazioni di Maxwell e dei fenomeni ondulatori, quali interferenza, diffrazione e polarizzazione. Viene fornita una breve introduzione alla meccanica quantistica, base per lo studio della struttura della materia. Sono analizzati i concetti base della termodinamica classica con alcuni cenni di termodinamica statistica.

### **REQUISITI**

Conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Fisica I.

### **PROGRAMMA**

- Campo elettrostatico in un dielettrico. [6 ore]

Trattazione macroscopica dei dielettrici isotropi. Trattazione microscopica: polarizzabilità elettronica di un gas. Polarizzabilità dei solidi: suscettività dielettrica come tensore. Condizioni al contorno per i vettori campo elettrico e spostamento elettrico.

- Correnti elettriche in regime stazionario. [2 ore]

Legge di Ohm. Effetto Joule. Forza elettromotrice. Interpretazione microscopica della conduzione nei metalli.

- Campo magnetico statico. [8 ore]

La forza di Lorentz. Moto di cariche in campi magnetici. Ciclotrone, spettrometro di massa, effetto Hall, esperimento di Thomson. Forze magnetiche su correnti. Galvanometro. Campi magnetici generati da correnti stazionarie. Interazioni fra correnti. Legge della circuitazione di Ampère. Potenziale vettore.

- Proprietà magnetiche dei materiali. [4 ore]

Analogia tra dipoli elettrici e magnetici. Magnetizzazione. Descrizione macroscopica sostanze dia-, para-, ferromagnetiche.

- Fenomeni induttivi. [8 ore]

Legge di Faraday – Lenz – Henry. Betatrone. Principio di conservazione della carica. Equazione di Ampère – Maxwell. Autoinduzione. Energia campo magnetico (circuito RL). Oscillazioni libere (circuito LC), oscillazioni (circuito RLC) libere e forzate. Reattanza e impedenza ricavate con metodo simbolico. Mutua induzione; trasformatore.

- Onde. [2 ore]

Descrizione del moto ondulatorio, propagazione dell'onda in una corda.

- Onde elettromagnetiche. [10 ore]

Equazioni di Maxwell, onde elettromagnetiche. Energia, intensità quantità di moto dell'onda e.m. Teorema di Poynting. Velocità di gruppo. Effetto Doppler.

Spettro elettromagnetico. La luce. Interazione onda elettromagnetica con la materia. Spettro di corpo nero, ipotesi di Plank. Quantizzazione dell'energia elettromagnetica: l'effetto fotoelettrico. Aspetto corpuscolare della radiazione elettromagnetica: l'effetto Compton.

Propagazione onde elettromagnetiche nella materia: dispersione (indice di rifrazione e costante dielettrica).

- Ottica ondulatoria. [8 ore]

Interferenza di onde prodotte da due sorgenti. Coerenza. Interferenza da  $n$  sorgenti coerenti, da lamine. Onde stazionarie. Diffrazione: fenomeni di Fraunhofer da una fenditura. Potere risolutore. Reticolo di diffrazione e calcolo del suo potere risolutore.

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 di Schrödinger. Principio di indeterminazione di Heisenberg. Livelli energetici di una particella carica in un potenziale "a scatola".

Principio di funzionamento del laser. [2 ore]

- Termodinamica. [12 ore]

Definizione operativa di temperatura, termometro a gas. Definizione quantità di calore, calorimetro di Bunsen. Calori specifici. Trasformazioni termodinamiche., Equivalente meccanico delle caloria. Lavoro - calore. Primo principio. Gas perfetti: equazione di stato, equazione isoterma e adiabatica. Teoria cinetica dei gas. Secondo principio. Ciclo di Carnot. Teorema di Carnot. Scala termodinamica della temperatura. Teorema di Clausius. Entropia.

- Termodinamica statistica.

Entropia e probabilità. Ripartizione statistica di Boltzmann. Distribuzione delle velocità. Funzione di partizione.

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

L'attività di laboratorio verterà su:

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 transistori in circuiti RC e RLC;
3. 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 fotodiode);
4. misura della diffusività termica di un provino metallico.

## BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

- M. Alonso, E.J. Finn, *Elementi di fisica per l'università*. Vol. II, Masson, Milano. 84  
R. Resnick, D. Halliday, *Fisica I*, Ed. Ambrosiana, Milano (per la parte di termodinamica). 93  
Testi ausiliari:  
Halliday, Resnick, Krane, *Fisica II*, Ed. Ambrosiana, Milano. 94  
Amaldi, Bizzarri, Pizzella, *Fisica generale*, Zanichelli. 36

## ESAME

1. L'esame consta di una prova orale, che si svolge dopo che il docente ha acquisito vari elementi di giudizio sullo studente, fra cui l'esito di una prova scritta e le relazioni di laboratorio.
2. Lo scritto consta di norma di tre esercizi che ricoprono tutto l'arco della materia sviluppata nelle esercitazioni.
3. L'esame (orale) può essere sostenuto in qualunque appello a partire da quello in cui si è svolto lo scritto stesso, purché entro il gennaio dell'anno immediatamente successivo. Superato tale tempo senza aver sostenuto l'orale con esito favorevole lo scritto deve essere comunque ripetuto. Lo scritto nella prima metà di gennaio vale solo per quella sessione.
4. La prova scritta rimane valida, nei limiti di tempo di cui al punto precedente, anche nel caso in cui la prova orale non venga superata.
5. Lo studente che, avendo svolto lo scritto, intende sostenere l'orale deve prenotarsi apponendo il proprio nome sui fogli disponibili presso il Dipartimento di Fisica a partire da una settimana prima di ogni appello. Non occorre prenotarsi per lo scritto.
6. Lo statino deve essere presentato all'atto di sostenere l'esame orale.

Anno: 5	Periodo: 1		
Impegno (ore sett.):	lezione: 4	esercitazione: 2	laboratorio: 2
Docente:	<b>Nicola BELLOMO</b>		

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Le finalità principali che il corso di Fisica Matematica si pone sono i seguenti:

Fornire agli studenti le conoscenze fondamentali di modellizzazione matematica per i sistemi dell'ingegneria con particolare attenzione (ma non solo) ai modelli dell'ingegneria elettronica. Quindi illustrare i principi di classificazione dei modelli ed i principi di validazione di questi. Fornire agli studenti un quadro complessivo dei modelli matematici delle scienze applicate. Fornire agli studenti i criteri di formulazione matematica dei problemi con particolare attenzione ai problemi al valore iniziale e/o al contorno per equazioni alle derivate parziali. Fornire agli studenti gli strumenti fondamentali, analitici e computazionali, per la soluzione di problemi nonlineari, diretti ed inversi, generalmente per equazioni alle derivate parziali, relativi all'analisi di modelli delle scienze applicate. L'analisi si rivolge a problemi diretti ed inversi, deterministici e stocastici.

### **PROGRAMMA**

Il Corso si articola in quattro moduli dei quali due moduli risultano orientati allo studio di modelli matematici e due allo studio di metodi matematici.

- I Modulo: Metodi di modellizzazione - Classificazione modelli - Problemi di validazione dei modelli - Modelli discreti e modelli elementari di sistemi continui
- II Modulo: Modelli idrodinamici - Modelli sistemi elettromagnetici - Modelli superconduttori - Modelli semiconduttori - Modelli cinetici - Modelli per sistemi biologici - Modelli sistemi sociali
- III Modulo: Introduzione all'analisi funzionale - Metodi di collocazione e interpolazione - Metodi di approssimazione - Soluzione di equazioni alle derivate parziali nonlineari con metodi di collocazione e approssimazione spettrale - Metodi alle differenze finite - Soluzione di equazioni integro-differenziali
- IV Modulo: Metodi di decomposizione dei domini - Soluzione di problemi inversi - Soluzione di problemi con parametri aleatori

Le lezioni si rivolgono all'illustrazione dei contenuti descritti al punto precedente. A ciascun modulo verranno dedicate circa 15 ore. Le lezioni sono condotte in parallelo per il primo e terzo modulo e quindi per il secondo e quarto modulo.

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

Le esercitazioni parte in aula e parte al LAIB sono finalizzate alla trattazione, in un rapporto scritto, di un modello specifico e quindi dello studio di problemi matematici relativi all'analisi del modello stesso.

L'esercitazione comprende la gestione di alcuni programmi scientifici per la soluzione di problemi al valore iniziale ed al contorno. Tali programmi si riferiscono alla applicazione di metodi di collocazione, alle differenze finite, metodi di decomposizione dei domini e metodi di soluzione di equazioni integrali. L'analisi è generalmente rivolta allo studio di problemi non lineari. Sarà fornito agli studenti un disco con *Files* Programmi Scientifici. I programmi si riferiscono ai seguenti problemi:

- Problemi di interpolazione e approssimazione superfici
- Integrazione numerica sistemi equazioni alle derivate ordinarie (non lineari) con metodi espliciti e impliciti

- Integrazione numerica sistemi di equazione alle derivate parziali (non lineari) con metodi spettrali e metodi di collocazione
- Soluzione di alcuni problemi inversi
- Integrazione di sistemi di equazioni (non lineari) integro-differenziali

## BIBLIOGRAFIA

Appunti delle lezioni in fotocopia

N. Bellomo e L. Preziosi, "Modelling, Mathematical Methods and Scientific Computation", CRC Press, Boca Raton, 1994

N. Bellomo, Z. Brzezniak, L. de Socio, "Nonlinear Stochastic Problems in Applied Sciences", Kluwer, Amsterdam, 1992

## ESAME

L'accertamento finale si basa sulla discussione relativa alla dissertazione scritta relativa alla trattazione e applicazione dei moduli 1 e 3 e su un colloquio che verte sui moduli 2 e 4.

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Il Corso è articolato in quattro moduli nei quali sono trattati i seguenti argomenti: I - Modelli matematici di dinamica di popolazioni. II - Modelli matematici di dinamica di popolazioni. III - Modelli matematici di dinamica di popolazioni. IV - Modelli matematici di dinamica di popolazioni.

III Modulo: introduzione all'analisi funzionale - Metodi di collocazione e approssimazione - Soluzione di equazioni alle derivate parziali non lineari. IV Modulo: Metodi di decomposizione nei domini - Soluzione di problemi inversi. V Modulo: Soluzione di problemi con parametri incerti.

## ESAME

L'Esame consiste in una prova scritta e in una prova orale. La prova scritta è articolata in tre parti: I - Domande a risposta multipla. II - Problemi di calcolo. III - Problemi di teoria. La prova orale verte sui argomenti trattati nei moduli 1, 2 e 3.

## CA240      **FONDAMENTI DI MECCANICA TEORICA E APPLICATA**

Anno: 2                                      Periodo: 2  
Impegno (ore totali)                      lezioni: 76                      esercitazioni: 44  
Docente:                                      **Nicolò D'ALFIO**

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di fornire agli studenti i principali elementi teorici e applicativi necessari per la conoscenza e l'identificazione dei sistemi meccanici fondamentali.

Nella prima parte del corso verranno esaminate ed applicate le leggi della cinematica e della dinamica dei corpi rigidi e dei meccanismi. Nella seconda verranno trattati: i fenomeni legati all'attrito, i componenti meccanici ad attrito; i componenti ed i sistemi di trasformazione e trasmissione del moto; i transistori negli accoppiamenti meccanici. Inoltre verranno date le nozioni di base per i sistemi oscillanti e per la lubrificazione.

I vari argomenti saranno trattati secondo un approccio di tipo elementare e con una metodologia prevalentemente grafica.

### **REQUISITI**

Analisi I, Fisica I, Geometria

### **PROGRAMMA**

**CINEMATICA.** Richiami di cinematica del punto, coordinate cartesiane e polari, vari tipi di moto. Rappresentazione vettoriale. Cinematica del corpo rigido, moto traslatorio rettilineo e circolare, moto rotatorio, moto piano generico. Equazione fondamentale della cinematica e teorema di Rivals. Centro di istantanea rotazione. Gradi di libertà, vincoli. Accoppiamenti cinematici tra corpi rigidi, accoppiamenti di forza: camme, ruote su strada. Cinematica dei moti relativi, accelerazione di Coriolis e composizione di moti. Applicazione grafica ai meccanismi e ai paranchi (pulegge, funi). (16 ore)

**DINAMICA.** Richiami sui sistemi equivalenti di forze. Tipi di forze: concentrate e distribuite, reazioni vincolari, forze sviluppate da elementi elastici, da smorzatori e da attuatori oleopneumatici. Definizione di corpo libero. Condizioni di equilibrio di un sistema, statico o a regime, espresse in forma analitica e grafica. Riduzione delle azioni di inerzia, momenti principali di inerzia. Equazioni cardinali della dinamica e loro applicazioni. Lavoro ed energia, principio di conservazione dell'energia, potenza. Cenni sulla quantità di moto e sul momento della quantità di moto. (18 ore)

**ATTRITO.** Attrito secco. Attrito radente, attrito al perno, condizioni di aderenza. Attrito volvente, condizioni di rotolamento. Potenze dissipate, rendimenti. Condizioni ottimali (limite dell'aderenza) per veicolo in partenza o in frenata. (8 ore)

**COMPONENTI MECCANICI AD ATTRITO.** Contatti estesi, ipotesi dell'usura. Freni a pattino, freni a ceppi con teoria semplificata, freni a disco, accostamento rigido o libero. Freni a nastro. Azioni frenanti e coppie frenanti. Frizioni piane assiali semplici e a dischi multipli, frizioni coniche, condizioni di innesto. (10 ore)

**SISTEMI DI TRASFORMAZIONE E TRASMISSIONE DEL MOTO.** Ruote di frizione. Ruote dentate, rapporto di trasmissione, ingranaggi cilindrici a denti diritti ed elicoidali, ingranaggi conici, vite senza fine-ruota elicoidale. Forze scambiate e reazioni vincolari. Rotismi ordinari ed epicicloidali. Trasmissioni a cinghie piane e dentate. Funi, catene. Rigidezze dei flessibili. Vite-madrevite, studio mediante cunei equivalenti e condizioni di irreversibilità del moto. Viti a ricircolazione di sfere. (12 ore)

**TRANSITORI NEI SISTEMI MECCANICI.** Accoppiamento diretto motore-carico, accoppiamento motore-carico riduttore di velocità, accoppiamento motore-carico con innesto a frizione. Sistemi a regime periodico, irregolarità periodica, volani. (4 ore)

VIBRAZIONI LINEARI A UN GRADO DI LIBERTA'. Vibrazioni libere, rigidezza equivalente. Vibrazioni libere smorzate, decadimento logaritmico. Vibrazioni forzate, metodo dei vettori rotanti, fattore di amplificazione, risonanza. Accelerometro. (4 ore)  
SUPPORTI LUBRIFICATI. Viscosità, teoria elementare della lubrificazione idrodinamica, patti- ni e supporti, cenni sulla lubrificazione idrostatica. (4 ore)

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Consistono nello svolgimento di esercizi relativi a quanto sviluppato nelle lezioni, con particolare riferimento alla risoluzione grafica. Durante le esercitazioni saranno forniti agli studenti degli esercizi da svolgere, la cui soluzione sarà presentata, di massima, la volta successiva.

Gli esercizi verteranno su:

- cinematica dei manovellismi, sistemi di sollevamento e sistemi meccanici (12 ore)
- equilibri statici, a regime e dinamici (12 ore)
- attrito radente, al perno, volvente (8 ore)
- freni e frizioni (6 ore)
- ruote dentate, rotismi, cinghie, vite-madrevite (6 ore)

## **BIBLIOGRAFIA**

Testo di riferimento

- C.Ferraresi, T. Raparelli. "Meccanica Applicata", ed. CLUT, Torino, 1997

Testi ausiliari (per approfondimento):

- G. Belforte. "Meccanica Applicata alle Macchine" Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1997.
- G. Jacazio, B. Piombo "Meccanica Applicata alle Macchine", vol.1-2, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1991-92.
- J.M. Meriam, L.G. Kraige, "Engineering mechanics", Vol.1-2, SI Version, Wiley, New York, 1987.

## **ESAME**

In generale l'esame si svolge in forma orale sull'intero programma del corso (lezioni ed esercitazioni).

In particolare, gli allievi iscritti per la prima volta al corso possono usufruire di una prova scritta durante il corso (in maggio) e una prova orale.

La prova scritta, della durata di circa due ore, è da svolgere senza ausilio di testi o appunti e su fogli vidimati e distribuiti al momento stesso della prova. Essa prevede la risoluzione (grafica e/o analitica) di un certo numero di esercizi, di solito tre, sulla prima parte del programma riguardante: cinematica, equilibri, dinamica.

La prova scritta viene valutata in trentesimi; un risultato positivo ( $\geq 18/30$ ) permette di sostenere la prova orale specificatamente sulla restante parte del programma.

Il voto finale risulta dalla media dei voti (entrambi positivi) ottenuti nelle due prove.

Il voto positivo della prova scritta rimane acquisito per sostenere la prova orale solo nelle sessioni II e III dell'A.A. in corso.

Per sostenere la prova orale o l'esame orale è obbligatoria l'iscrizione, almeno due giorni prima dell'appello, presso la Segreteria Didattica Interdipartimentale Area Sud (corridoio lato C.so Einaudi).

## C2590 IMPIANTI BIOCHIMICI

Anno: 5	Periodo: 2	
Impegno (ore totali)	lezioni: 52	esercitazioni: 26
Docente:	<b>Guido SASSI</b>	

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di preparare alla progettazione e allo sviluppo di macchine ed impianti che utilizzano materiale biologico, finalizzati alla produzione di composti chimici, farmaceutici, alimentari e finalizzati al controllo dell'inquinamento ambientale. Sono esaminati aspetti impiantistici e reattoristici delle biotecnologie; in tal senso il corso è complementare a quello di Processi biologici industriali ed indispensabile per un completo approccio alle problematiche ingegneristiche del settore.

### REQUISITI

Impianti chimici 1 e 2.

### PROGRAMMA

- Richiami di biochimica. [6 ore]

Conservazione e stabilità delle colture biotecnologiche, modificazione genetica ad usi industriali, cinetiche enzimatiche e di crescita della biomassa, colture miste e substrati complessi; reperimento di ceppi industriali e verifica della loro funzionalità.

- Bioreattori. [16 ore]

Fenomeni di trasporto e reologici nei reattori biochimici; bilanci di massa ed energetici; reattori non ideali; reattori agitati meccanicamente, pneumatici e sistemi statici; reattori a biomassa libera; reattori a biomassa immobilizzata ed inglobata: lotto fisso e fluidizzato; reattori a membrana; impianti aerobici ed anaerobici; tecniche di immobilizzazione di micro-organismi ed enzimi; conseguenze sulle cinetiche biologiche; progetto e costruzione dei fermentatori.

- Impianti. [16 ore]

Sistemi e macchine per la preparazione dei brodi di coltura; la preparazione dell'acqua di processo; la preparazione dell'inoculo; sterilizzazione di flussi ed impianti: discontinua e continua, il problema del *biofouling*; *scale-up*: metodologie e tecniche; similitudini: cinetica, fluidodinamica, geometrica; strumenti e tecniche di misura; controllo: modelli e sistemi di regolazione; norme e regolamenti per la progettazione e l'esercizio degli impianti biotecnologici; la movimentazione dei materiali biologici.

- Recupero di biomolecole. [10 ore]

Operazioni unitarie in processi biotecnologici: centrifugazione, filtrazione, ultrafiltrazione, estrazione liquido/liquido, scambio ionico, distillazione, osmosi inversa, liofilizzazione; stabilità termica; accorgimenti per la riduzione dei fenomeni di *shear stress*.

- Trattamento degli effluenti. [4 ore]

Recupero di materia ed energia; barriere di confinamento e controllo; lo smaltimento della biomassa spenta.

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni vertono, in massima parte, sullo *scale-up* di un bioprocesso.

### BIBLIOGRAFIA

J.E. Bailey, D.F. Ollis, *Biochemical engineering fundamentals*, McGraw-Hill, 1986.

M. MooYoung, *Comprehensive biotechnology. Vol. 2, Engineering considerations*, Pergamon, 1983.

Ghester, Oldshue, *Biotechnology processes: scale-up and mixing*, Am. Inst. Chem. Engineers, 1987.

## **C2601      IMPIANTI CHIMICI I**

Anno: 4                                  Periodo: 2  
Impegno (ore totali)      lezione: 58      esercitazione: 56  
Docente:                                  **Romualdo CONTI**

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

L'insegnamento fornisce i criteri di progettazione di alcuni gruppi di apparecchiature di frequente impiego nell'industria chimica, dedicando particolare attenzione al loro inserimento nell'impianto produttivo. Il dimensionamento delle apparecchiature viene pertanto completato da indicazioni su modalità di allacciamento, alimentazione, scarico, supportazione, ecc., anche in relazione a necessità di coibentazione ed a problemi di dilatazioni termiche.

### **REQUISITI**

Sono propedeutici i corsi di Termodinamica dell'Ingegneria Chimica e di Principi di Ingegneria Chimica.

### **PROGRAMMA**

#### **APPARECCHIATURE PER IL TRASFERIMENTO DI CALORE.**

I - Meccanismi di trasferimento del calore e principali correlazioni per il calcolo dei coefficienti di scambio termico (richiami). Criteri di progettazione e particolari costruttivi degli scambiatori a tubi coassiali ed a fascio tubiero. Normalizzazione e scelta dei materiali. Scambiatori a piastre ed altri tipi meno convenzionali. Condensatori. Dispositivi per il controllo termico dei reattori agitati e dei serbatoi. Collegamento delle apparecchiature con la centrale termica, disposizione e supportazione delle tubazioni, scaricatori di condensa, giunti di dilatazione, coibentazioni. (18 ore)

II - Criteri di progettazione e particolari costruttivi degli evaporatori. Termocompressione. Impianti di concentrazione a multipli effetti. (8 ore)

**APPARECCHIATURE PER IL TRASFERIMENTO DI MATERIA.** Caratteristiche costruttive, parametri geometrici fondamentali e criteri di progettazione delle colonne di distillazione e delle colonne di assorbimento. Montaggio ed allacciamenti; risoluzione dei problemi connessi con le dilatazioni termiche. Lisciviatori. (8 ore)

#### **APPARECCHIATURE PER IL TRASFERIMENTO SIMULTANEO DI CALORE E DI MATERIA.**

I - La cristallizzazione: nucleazione primaria e secondaria, accrescimento dei cristalli; condizioni di metastabilità delle soluzioni sovrasature; individuazione delle condizioni operative ottimali in relazione al tipo di apparecchiatura. Geometrie interne dei cristallizzatori ed altri particolari costruttivi. Impianti di cristallizzazione. (4 ore)

II - L'essiccamento: umidità assoluta e relativa dell'aria, temperatura del bulbo umido, saturazione, entalpia dell'aria umida. Diagramma psicrometrico e descrizione delle principali modalità operative. Criteri di progettazione e particolari costruttivi dei principali tipi di essiccatori: a piani, a tamburo rotante, a letto fluidizzato, a spruzzo ed a superficie calda. (7 ore)

**FILTRI ED APPARECCHI A LETTO FLUIDIZZATO.** Filtrazione superficiale e profonda; moto di fluidi in letti granulari; pannelli comprimibili ed incomprimibili. Principali tipi di filtri per liquidi e per gas. Principi di fluidizzazione; impieghi dei letti fluidizzati in ingegneria chimica. Alimentazione del solido e del gas, recupero del solido, cicloni. Cenno ai letti fluidizzati trifasici. (7 ore).

**RECIPIENTI AGITATI MECCANICAMENTE.** Agitazione e miscelazione di sistemi omogenei ed eterogenei con particolare riferimento ai reattori agitati multifasici. Reattori solido-liquido: geometria degli apparecchi, tipi di agitatore, velocità minima dell'agitatore per la sospensione

completa del solido, profili di concentrazione. Avviamento e riavviamento degli apparecchi. Reattori gas-liquido: geometria degli apparecchi, tipi di agitatore e di gorgogliatore, velocità minima dell'agitatore per la dispersione completa del gas. Scambio di calore e di materia nei reattori agitati multifasici. (6 ore)

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

Consistono nello studio di fattibilità di un impianto chimico, basato sul progetto di massima delle apparecchiature principali e sulla successiva elaborazione di una proposta di disposizione e di allacciamento, corredata dai necessari disegni. L'esercitazione è svolta da squadre di 3-4 studenti a ciascuna delle quali viene affidata documentazione, su processo ed apparecchiature, adeguata allo sviluppo dello studio. Nell'attività in aula gli studenti sono assistiti da un docente ogni 7-8 squadre.

### **BIBLIOGRAFIA**

- J.M. Coulson e J.F. Richardson, "Chemical Engineering", Vol. 2, Unit Operations, Pergamon Press, Oxford, 1968
- E.E. Ludwig, "Applied process design for chemical and petrochemical plants", Gulf Publ., Houston, 1977
- D.Q. Kern, "Process heat transfer", McGraw-Hill, New York, 1950

### **ESAME**

Gli esami consistono in una prova orale il cui risultato viene integrato con quello dell'esercitazione svolta in aula (la cui validità è illimitata).

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

Vengono svolte a piccoli gruppi di lavoro due esercitazioni monografiche di progetto di impianto con esame di relazione finale sui risultati di dimensionamento ottenuti. Gli esperimenti vengono esaminati ed il giudizio finale è utilizzato per assegnare il giudizio finale di esame.

### **BIBLIOGRAFIA**

Perché gli argomenti trattati a lezione sono convenienti in più di un testo, si consiglia l'uso delle fotografie prese a disposizione all'inizio delle lezioni, integrate con gli appunti presi durante le

## **C2602 IMPIANTI CHIMICI II**

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore totali)	lezioni: 72	esercitazioni: 48
Docente:	<b>Vito SPECCHIA</b> (coll.: <b>Giorgio ROVERO, Guido SASSI, Guido SARACCO</b> )	

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Vengono illustrati i criteri necessari alla progettazione ed alla conduzione degli impianti dell'industria chimica, petrolchimica, biochimica, ecc., richiamando le conoscenze di ingegneria termotecnica meccanica, chimica ed ecologica. Sono pure esaminati tutti i servizi ausiliari che costituiscono una parte finanziariamente e funzionalmente molto importante dell'impianto industriale. Si tende inoltre a mettere in evidenza la saldatura fra l'indagine teorica e la realizzazione pratica.

### **REQUISITI**

Principi di Ingegneria Chimica I e II, Termodinamica dell'Ingegneria Chimica, Macchine, Impianti Chimici I.

### **PROGRAMMA**

- Aspetti generali della progettazione di un impianto chimico: criteri di scelta e localizzazione degli impianti; articolazione del progetto e suoi elementi costitutivi; aspetti economici e parametri di redditività [6 ore].
- Servizi generali di stabilimento: servizi energia, cogenerazione e reti di distribuzione [8 ore]; servizio acque, acqua di raffreddamento, torri di raffreddamento a tiraggio naturale e a tiraggio meccanico [4 ore]; servizio frigorifero: impianti meccanici e ad assorbimento [3 ore]; servizio aria compressa e servizio del vuoto [2 ore].
- Servizi ausiliari di stabilimento: stoccaggio e immagazzinamento; raccolta scarichi fognari; servizio antincendio; raccolta e trattamento scarichi di emergenza [7 ore].
- Movimentazione dei solidi: trasportatori a nastro ed a coclea; vibrotrasportatori; elevatori a spirale e a tazze; trasporto pneumatico [5 ore].
- Trasporto dei fluidi: tubazioni, valvole e perdite di carico in flusso bifasico [6 ore]; sollecitazioni termiche sulle tubazioni, compensatori di dilatazione, supporti ed appoggi [4 ore]; coibentazione [3 ore]; pompe [4 ore]; compressori e pompe ad anello liquido [3 ore].
- Condizionamento degli ambienti [2 ore].
- Impianti di trattamento degli effluenti gassosi: impianti di abbattimento del particolato (separatori meccanici e lavatori ad umido); assorbitori; adsorbitori; inceneritori; abbattimento degli ossidi di zolfo e di azoto [5 ore].
- Impianti di trattamento degli effluenti liquidi: principali impianti di tipo biologico (ossidazione aerobica, nitrificazione-denitrificazione, digestione anaerobica) e chimico [7 ore].
- Trattamento dei fanghi: ispessimento; stabilizzazione; disidratazione; compostaggio; incenerimento [3 ore].

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

Vengono svolte a piccoli gruppi di lavoro due esercitazioni monografiche di progetto di impianti con stesura di relazione finale sui risultati di dimensionamento ottenuti. Gli elaborati vengono esaminati ed il giudizio risultante è utilizzato per integrare il giudizio finale di esame.

### **BIBLIOGRAFIA**

Poiché gli argomenti trattati a lezione sono contenuti in più di un testo, si consiglia l'uso delle fotocopie messe a disposizione all'inizio delle lezioni, integrate con gli appunti presi durante le

lezioni stesse. Quale testo di consultazione per l'acquisizione di dati chimico-fisici e di correlazioni utili per la progettazione degli impianti si consiglia l'uso del manuale:

- J. Perry, *Chemical Engineering Handbook*, McGraw-Hill, London, 6th Ed., 1984

## ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed in una prova orale; la seconda viene sostenuta immediatamente dopo la prima. Durante la prova scritta non è consentito consultare alcun testo nè appunti (tutte le informazioni tecniche ed i dati necessari per lo svolgimento sono forniti nel testo d'esame). L'ammissione alla prova orale richiede il raggiungimento della sufficienza nella prova scritta. La prova orale consta di due distinte domande sugli argomenti sviluppati nel corso delle lezioni e delle esercitazioni. Il voto finale è pari alla media della valutazione sia dello scritto, sia delle due domande orali, integrata dal giudizio relativo allo svolgimento delle esercitazioni.

## ESAME

**PROGRAMMA DEL CORSO**

**INDUSTRIA OLIVARIA.** Composizione dell'oliva, analisi chimica ed organica, impieghi industriali per l'estrazione dell'olio di oliva. Impianti per la estrazione degli oli di semi. Impianti principali semi e degli oli da essi estratti. Impianti per l'estrazione degli oli di semi. Impianti per la estrazione degli oli di semi. Impianti per l'acqueduzione delle acque. Additivi consentiti. Legislazione. (11 ore)

**INDUSTRIA ENOLOGICA.** Composizione dell'uva e del vino. Produzione del mosto. Impiego per la produzione di mosti dolci. Mosti concentrati e birra dolce. Fermentazione in presenza di vinacce ("in rosso") ed in assenza di vinacce ("in bianco"). Fermentazione invecchiata e termovinificazione. Chiarificazione, stabilizzazione ed invecchiamento del vino. Spumantizzazione con i metodi Champenois e Charmat. Impianti per la distillazione delle vinacce e per il recupero del lattante e dei vinocchi. Impianti per la produzione di "alcol buon grato". (10 ore)

**INDUSTRIA DELLA BIRRA.** Produzione del malto. Produzione delle farine e delle semole. Ammaloramento, saccharificazione e decantazione. Lappaggio. Restituzione e filtrazione. Fermentazione maturazione e chiarificazione. Stabilizzazione. Produzione di birra con particolari requisiti. Produzione di birra analcolica. (9 ore)

**INDUSTRIA LATTIERO-CASARIA.** Composizione del latte. Impianti per la pastorizzazione e sterilizzazione del latte (sterilizzatori HTST e UHT). Impianti per la produzione di latte condensato e di latte in polvere caratteristiche del prodotto. Produzione di yogurt, burro e dei principali tipi di formaggio (cream). (6 ore)

**INDUSTRIA PER LA LAVORAZIONE DELLA FRUTTA.** Impianti per la produzione di saccarosio e di polveri concorrenti. Estrazione e congelamento degli agrumi. Impianti per la produzione di succhi di frutta limpidi e torbidi, di sciroppi e di gelatine di frutta. (7 ore)

**INDUSTRIA DELLO ZUCCHERO.** Fossili ed impianti per la produzione dello zucchero. (3 ore)

**ALTEZZAZIONE DEGLI ALIMENTI E TECNICHE DI CONSERVAZIONE.** Cause dell'alterazione nelle sostanze alimentari. Tecniche di conservazione basate sulla distillazione. Impianti utilizzati il calore (concentrazione ed essiccazione) processi a membrana (osmosi diretta ed inversa ed ultrafiltrazione) ed il freddo (concentrazione e liofilizzazione). Tecniche di conservazione dell'alimento al quale basta sul calore e sul freddo, come in principali impianti. (7 ore)

## CA450 IMPIANTI DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE

Anno: 5	Periodo: 2
Impegno (ore totali)	lezioni: 48      esercitazione: 64
Docente:	da nominare (referente: <b>Romualdo CONTI</b> )

### 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.

### REQUISITI

Possono essere ritenuti propedeutici i corsi di Chimica Organica, Principi di Ingegneria Chimica ed Impianti Chimici, tuttavia l'insieme delle nozioni acquisite nei primi quattro anni consente di seguire proficuamente il corso anche agli allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio (Indirizzo Ambiente) ed in Ingegneria Meccanica (in questo caso è opportuno un incontro preventivo con il docente).

### PROGRAMMA DEL CORSO

**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 Champenois 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 HTST 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 (ceno). (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 utilizzanti il calore (concentrazione ed essiccamento), processi a membrana (osmosi diretta ed inversa ed ultrafiltrazione) ed il freddo (crioconcentrazione e liofilizzazione). Tecniche di conservazione dell'alimento tal quale basate sul calore e sul freddo; cenno ai principali impianti. Conservanti chimici. (7 ore)

ALTRI ADDITIVI CHIMICI. Emulsionanti, addensanti, gelificanti, stabilizzanti, esaltatori di sapidità, acidificanti, antisciumogeni, 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.

## BIBLIOGRAFIA

*Testo consigliato:*

P. Cappelli e V. Vannucchi, "Chimica degli alimenti - conservazione e trasformazioni", Zanichelli, Bologna, 1990.

*Testi ausiliari:*

J.C. Cheftel e H. Cheftel, "Biochimica e tecnologia degli alimenti", Edagricole, Bologna, 1988.

G. Quaglia, "Scienza e tecnologia degli alimenti", Chiriotti, Pinerolo (TO), 1992

## ESAME

Gli esami consistono in una prova orale il cui risultato viene integrato con quello dell'esercitazione svolta in aula (la cui validità è illimitata).





Anno: 5	Periodo: 2
Impegno (ore totali)	lezioni: 50      esercitazioni: 50
Docente:	<b>Vito SPECCHIA</b>

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si occupa dei processi e delle tecnologie usate per il trattamento degli effluenti liquidi e sviluppa gli aspetti costruttivi e gestionali, tenendo conto dei criteri di scelta fra le varie possibili opzioni di trattamento. Sono considerate inoltre le possibilità di inquinamento secondario derivante dalle operazioni di depurazione, nonché le implicazioni economiche connesse con la tecnologia di trattamento.

### **PROGRAMMA**

Caratteristiche chimico-fisico-biologiche dell'acqua naturale; parametri di inquinamento: effetti ecotossicologici e sulla salute umana; legislazione italiana; disciplina per la definizione dei limiti di accettabilità degli scarichi. [6 ore]

Potere di autodepurazione dei corsi d'acqua; eutrofizzazione. [2 ore]

Acqua primaria: tipi; consumi industriali. Acqua per generatori di vapore; acqua addolcita; acqua demineralizzata; dissalazione dell'acqua. [5 ore]

Produzione di acqua per uso idropotabile. [2 ore]

Pretrattamenti degli effluenti liquidi: grigliatura; disoleatura; dissabbiatura; sollevamento; polmonazione; equalizzazione. [4 ore]

Trattamenti primari degli effluenti liquidi: correzione del pH; sedimentazione; coagulazione-flocculazione; flottazione. [4 ore]

Trattamenti secondari degli effluenti liquidi. [19 ore, in totale]

Trattamenti biologici: cenni di biologia applicata; [2 ore]

ossidazione aerobica mediante impianti a fanghi attivi, filtri percolatori, biodischi, letti annegati e letti fluidizzati; [8 ore]

nitrificazione-denitrificazione e rimozione biologica del fosforo; [3 ore]

digestione anaerobica. [4 ore]

Trattamenti chimici: ossidazione dei cianuri; riduzione del cromo esavalente; abbattimento del mercurio. [2 ore]

Trattamenti terziari degli effluenti liquidi: adsorbimento; filtrazione con letti a sabbia; sterilizzazione; ozonazione; processi a membrana semipermeabile. [5 ore]

Trattamenti dei fanghi: ispessimento; disidratazione; riscaldamento; ossidazione ad umido; incenerimento; messa a dimora in discarica. [3 ore]

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

Vengono illustrati alla lavagna, anche con la partecipazione diretta degli allievi, esempi di dimensionamento di apparecchiature e di progettazione degli impianti di trattamento illustrati a lezione; ciò anche ai fini della preparazione della prova scritta di esame.

### **BIBLIOGRAFIA**

Poiché gli argomenti trattati a lezione sono contenuti in più di un testo, si consiglia l'uso delle fotocopie messe a disposizione all'inizio delle lezioni, integrate con gli appunti presi durante le lezioni stesse. Possibili letture sono:

L. Masotti, *Depurazione delle acque: tecniche ed impianti per il trattamento delle acque di rifiuto*, Calderini, Bologna, 1987.

## ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed in una prova orale, la seconda va sostenuta immediatamente dopo la prima. Durante la prova scritta non è consentito consultare alcun testo né appunti (tutte le informazioni tecniche ed i dati necessari per lo svolgimento sono forniti nel testo d'esame). L'ammissione alla prova orale richiede il raggiungimento della sufficienza nella prova scritta. La prova orale consta di due distinte domande sugli argomenti sviluppati nel corso delle lezioni e delle esercitazioni. Il voto finale è pari alla media della valutazione sia dello scritto, sia delle due domande orali.

## REQUISITI

Esame di Chimica Applicata, Elementi di Ingegneria, Termotecnica e Fluidodinamica.

## PROGRAMMA

- Dinamica dell'incendio
  - Aspetti di chimica della combustione. Scambio termico e fluidodinamico. Limiti deflagramenti. Fiamme e fiamme premiscelate. Fiamme di diffusione e premiscelate di nuova combustione. Stazioni di combustibili liquidi e solidi. Accensione di combustibili solidi. Sviluppo e propagazione di fiamme e di fumo. Comportamento dell'incendio in spazi confinati nei diversi stadi di pre-fiamme, fase di sviluppo e decadimento.
  - Aspetti generali della prevenzione antincendio
  - Dati all'uomo. Principali cause di rischio d'incendio e rimedi generali organizzativi
  - Metodologie antincendio. Analisi qualitativa e quantitativa. Definizione di rischio e calcolo del costo d'incendio. Scade su base statistica. L'azione di prevenzione di protezione passiva ed attiva. Sicurezza primaria e secondaria. Criteri di prevenzione in s.s. (riduzione della probabilità di sviluppo e potenza d'incendio), di protezione passiva (caratteristiche di progettazione per la salvaguardia delle persone ed il contenimento dei danni ad incendio sviluppati) e di protezione attiva (sistemi di intervento sull'incendio, rilevazione ed estinzione).
  - Protezione passiva nelle costruzioni
  - Caratteristiche strutturali come da normative, comportamenti al fuoco dei materiali (valutazione di norme standard, reazione e resistenza).
  - Compartmentazione: contenimento del carico d'incendio, distanza di sicurezza, EN17, strutture leggere. Vie di esodo, corridoi, scale, ascensori.
  - Prevenzione incendi nell'industria
  - Fattori critici di rischio di incendio nell'industria
  - Prevenzione antincendio nell'industria sia come adeguamento ai dettami di sicurezza negli edifici di lavoro, sia come tutela verso terzi. Criteri di prevenzione incendi CEM.
  - Incendi in sotterraneo
  - Sviluppo e propagazione di incendi in luoghi confinati sotterranei ed interazione con la ventilazione. Aspetti specifici di normativa, criteri di salvaguardia della persona e metodologie di intervento in luoghi quali tunnel stradali o ferroviari, stazioni metropolitane, parageggi, magazzini, negozi, luoghi di spettacolo, minimi.
- ## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI
- Le esercitazioni avranno come oggetto gli stessi argomenti delle lezioni al fine di chiarire quanto esposto durante le lezioni.

Anno: 5	Periodo: 2		
Impegno (ore totali)	lezioni: 55	esercitazioni: 20	laboratori: 5
Docente:	<b>Giulio GECHELE (coll.: Marina CLERICO)</b>		

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di fornire gli elementi teorici di conoscenza del fenomeno chimico-fisico dell'incendio e gli elementi di base per una corretta progettazione che tenga conto dei criteri di sicurezza antincendio per la salvaguardia delle persone e il contenimento dei danni. A tal fine sono, presi in esame i principi e i metodi applicativi di prevenzione, protezione attiva e protezione passiva da applicarsi agli edifici (civili, pubblici e industriali), agli ambienti di vita (anche in sotterraneo) ed agli ambienti di lavoro.

### **REQUISITI**

Elementi di Chimica Applicata; Elementi di Termodinamica, Termocinetica e Fluidodinamica.

### **PROGRAMMA**

- Dinamica dell'incendio  
Aspetti di chimica della combustione. Scambio termico e fluidodinamica. Limiti di infiammabilità e fiamme premiscelate. Fiamme di diffusione e pennacchio di fuoco. Combustione stazionaria di combustibili liquidi e solidi. Accensione di combustibili solidi. Sviluppo e propagazione di fiamma e di fuoco. Comportamento dell'incendio in spazi confinati nei diversi stadi di pre-flashover, flashover, postflashover e decadimento.
- Aspetti generali della prevenzione antincendio  
Danni all'uomo. Principali cause di rischio d'incendio e rimedi generali organizzativi. Normative antincendio. Analisi qualitativa e quantitativa. Definizione di rischio e calcolo del carico d'incendio anche su basi statistiche. Definizione di prevenzione, protezione passiva ed attiva, sicurezza primaria e secondaria. Criteri di prevenzione in s.s. (riduzione della probabilità di sviluppo e potenza d'incendio), di protezione passiva (caratteristiche di progettazione per la salvaguardia delle persone ed il contenimento dei danni ad incendio sviluppato) e di protezione attiva ( sistemi di intervento sull'incendio, rilevazione ed estinzione).
- Protezione passiva nelle costruzioni  
Caratteristiche strutturali come da normative, comportamenti al fuoco dei materiali (definizione di incendi standard, reazione e resistenza).  
Compartimentazione: confinamento del carico d'incendio, distanze di sicurezza, filtri, strutture tagliafuoco. Vie di esodo: corridoi, scale, ascensori.
- Prevenzione incendi nell'industria  
Fattori ordinari di rischio di incendio nell'industria  
Prevenzione antincendio nell'industria sia come adeguamento ai dettami di sicurezza negli ambienti di lavoro, sia come tutela verso terzi. Certificato di prevenzione incendi CPI.
- Incendi in sotterraneo  
Sviluppo e propagazione di incendi in luoghi confinati sotterranei ed interazione con la ventilazione. Aspetti specifici di normativa, criteri di salvaguardia delle persone e metodologie di intervento in luoghi quali tunnel stradali o ferroviari, stazioni metropolitane, parcheggi, magazzini, negozi, luoghi di spettacolo, miniere.

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

Le esercitazioni avranno come oggetto gli stessi argomenti delle lezioni al fine di chiarire quanto esaminato dal punto di vista teorico.

Sono previste visite tecniche a laboratori di ricerca e valutazione delle caratteristiche dei materiali ed a strutture operative con installazione di sistemi antincendio.

Sono previsti lavori di modellizzazione al calcolatore.

## BIBLIOGRAFIA

Appunti dei docenti e testi reperibili nelle biblioteche del Politecnico (centrali e dei dipartimenti).

## ESAME

L'esame è orale e sarà svolto come verifiche durante il corso o a fine di questo.

### MODULO ILLUSTRATIVO

Impiego (ore totali) lezioni: 13

Credito: 7

I grandi operatori e i concetti fondamentali dell'economia politica: una introduzione all'analisi del sistema economico italiano. Crescita del prodotto, inflazione, disoccupazione (6 ore).

La contabilità nazionale e finanziaria: la contabilità nazionale italiana. Il circuito dei redditi. Le famiglie, imprese, pubblica amministrazione e resto del mondo. PIL e Reddito nazionale. Il finanziamento del sistema economico (10 ore).

Modelli economici, mercati e aspettative. Equilibrio generale ed equilibrio parziale di mercato. Mercati competitivi e non concorrenziali (6 ore).

I grandi operatori del sistema economico e gli effetti della loro interazione: le famiglie (consumo e risparmio) nella teoria microeconomica neoclassica e nell'analisi macroeconomica keynesiana (6 ore).

I grandi operatori del sistema economico e gli effetti della loro interazione: l'impresa. Decisioni di produzione e strutture di costo. La teoria neoclassica dei costi e della produzione. Mercati concorrenziali e non concorrenziali. Teoria neoclassica e keynesiana dell'investimento (6 ore).

I grandi operatori del sistema economico e gli effetti della loro interazione: gli intermediari finanziari e il mercato della moneta. Teoria e politica monetaria neoclassica e keynesiana (6 ore).

Equilibrio macroeconomico in Economia Circolare. Mercato delle merci, della moneta, dei titoli e del lavoro. La sintesi neoclassica della macroeconomia keynesiana. I modelli IS - LM e AS - AD. La politica economica: gli obiettivi e la loro compatibilità. Gli strumenti della politica fiscale e della politica monetaria. Confronto tra le politiche economiche. Il monetarismo e la critica del "fine tuning" di derivazione keynesiana. Inflazione e disoccupazione: le politiche strutturali (supply-side) (14 ore).

Equilibrio macroeconomico in Economia Aperta. Relazioni commerciali e finanziarie con l'estero. La bilancia dei pagamenti. I cambi e la competitività. Cambi fissi e cambi flessibili. La politica economica in presenza di shock. Il modello Mundell - Fleming (10 ore).

### MODULO II (CALCOLATIVO)

Impiego (ore totali) lezioni: 22

Credito: 7

L'economia e la politica economica italiana dal '45 ad oggi. La scansione delle varie fasi dello sviluppo economico del paese nel secondo dopoguerra. Modi di farlo e problemi attuali (10 ore).

Anno: 2

Periodo: 2

Docente:

**Antonio ABATE****PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Obiettivo del corso, rivolto a studenti di corsi di ingegneria non gestionale, è di fornire una panoramica di base delle caratteristiche e dei problemi dell'economia e della politica economica di un paese avanzato, con un taglio rigoroso nell'impostazione della modellistica ma attento alle problematiche concrete dei sistemi economici. A tal fine ci si concentra sulle tematiche di contabilità nazionale e macroeconomia, mentre le nozioni microeconomiche presentate sono ridotte a quanto indispensabile per una corretta microfondazione dei modelli macroeconomici. La parte facoltativa costituisce il logico complemento del corso, in quanto utilizza gli schemi analitici sviluppati per analizzare le principali problematiche dell'economia italiana, il processo di unificazione economico - monetaria europea e le prospettive della moneta unica.

**MODULO I (OBBLIGATORIO)**

Impegno (ore totali)      lezioni: 73

Crediti: 7

I grandi problemi e i concetti fondamentali dell'Economia Politica, letti attraverso l'analisi del sistema economico italiano. Crescita del prodotto, inflazione, disoccupazione. (6 ore).

La contabilità nazionale e finanziaria riferita al sistema economico italiano. Il circuito del reddito. Famiglie, imprese, pubblica amministrazione e resto del mondo. PIL e Reddito nazionale. Il finanziamento dell'economia (15 ore).

Modelli economici, ritardi e aspettative. Equilibrio generale ed equilibrio parziale di mercato. Mercati competitivi e con informazione imperfetta (6 ore).

I grandi operatori del sistema economico e gli effetti della loro interazione: la famiglia (consumo e risparmio) nella teoria microeconomica neoclassica e nell'analisi macroeconomica keynesiana. (8 ore).

I grandi operatori del sistema economico e gli effetti della loro interazione: l'impresa. Decisioni di produzione e strutture di costo. La teoria neoclassica dei costi e della produzione. Mercati concorrenziali e con informazione imperfetta. Teoria neoclassica e keynesiana dell'investimento. (8 ore).

I grandi operatori del sistema economico e gli effetti della loro interazione: gli intermediari finanziari e il mercato della moneta. Domanda e offerta di moneta. Teoria neoclassica e teoria keynesiana. (6 ore).

Equilibrio macroeconomico in Economia Chiusa. Mercato delle merci, della moneta, dei titoli e del lavoro. La sintesi neoclassica della macroeconomia keynesiana. I modelli IS - LM e AS - AD. La politica economica: gli obiettivi e la loro compatibilità. Gli strumenti della politica fiscale e della politica monetaria. Combinazione di politiche economiche. Il Monetarismo e la critica del "fine tuning" di derivazione keynesiana. Inflazione e disoccupazione: le politiche strutturali (supply-side) (14 ore).

Equilibrio macroeconomico in Economia Aperta. Relazioni commerciali e finanziarie con l'estero. La bilancia dei Pagamenti. I cambi e la competitività. Cambi fissi e cambi flessibili. La politica economica in mercato aperto. Il modello Mundell - Fleming. (10 ore).

**MODULO II (FACOLTATIVO)**

Impegno (ore totali)      lezioni: 22

Crediti: 2

L'economia e la politica economica italiana dal '45 ad oggi. La scansione delle varie fasi dello sviluppo economico del paese nel secondo dopoguerra. Nodi di fondo e problemi attuali (10 ore).

Le tappe della costruzione economica europea. Dal Piano Marshall al trattato di Maastricht. La convergenza italiana verso i parametri dell'Unione Monetaria (5 ore).

La transizione all'Euro, dal 1999 al 2002. La politica monetaria nel mondo dell'Euro. Vantaggi e svantaggi della UEM. I problemi della competitività italiana. (7 ore).

## BIBLIOGRAFIA

P. Ravazzi, Il sistema economico, teoria micro e macroeconomica, Roma, La Nuova Italia Scientifica 1993.

Materiale distribuito dal docente durante il corso (fondamentale).

## ESAME

Alla luce del consistente squilibrio tra i due moduli, a vantaggio di quello obbligatorio (squilibrio inevitabile se si considera la natura estremamente introduttiva dei contenuti) non si prevede un accertamento a metà del corso. Gli appelli saranno comuni agli studenti che intendono sostenere la parte che attribuisce soli 7 crediti e a coloro che intendono sostenere entrambi i moduli.

## **C3110      MACCHINE**

Anno 4	Periodo: 1
Impegno (ore totali)	lezioni: 78      esercitazioni: 52
Docente:	<b>Matteo ANDRIANO</b>

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Nel corso vengono esposti i principi termodinamici e fluidodinamici necessari ad una corretta comprensione del funzionamento delle macchine a fluido. Viene poi sviluppata l'analisi del funzionamento dei vari tipi di macchine (motrici ed operatrici) di più comune impiego, con l'approfondimento richiesto dall'obiettivo di preparare l'allievo ad essere, nella sua futura attività professionale, un utilizzatore attento ai vari aspetti, a quello energetico in particolare, sia nella scelta delle macchine, sia nel loro esercizio. A questo scopo viene dato lo spazio necessario ai problemi di scelta, di installazione, di regolazione sia in sede di lezione, sia in sede di esercitazioni, dove vengono esemplificate le necessarie calcolazioni.

Nelle lezioni vengono sviluppati i concetti, mentre nelle esercitazioni vengono eseguite applicazioni numeriche su casi concreti.

### **REQUISITI**

Sono necessari i concetti di termodinamica contenuti nel corso di "Termodinamica dell'ingegneria chimica", e di meccanica contenuti nel corso di "Elementi di meccanica teorica ed applicata".

### **PROGRAMMA**

- Introduzione. Considerazioni generali sulle macchine motrici ed operatrici a fluido. Classificazioni. Richiami di termodinamica. Le turbomacchine: principi fluidodinamici e termodinamici. Studio delle trasformazioni ideali e reali nei condotti. (10 ore)
- Cicli e schemi di impianti a vapore semplici e rigenerativi, a ricupero per produzione di energia e calore, ad accumulo. (6 ore)
- Le turbine; le turbine a vapore semplici e multiple, assiali e radiali; regolazione; problemi meccanici e costruttivi tipici; le tenute. La condensazione. Possibilità e mezzi. Condensatori. (14 ore)
- Compressori di gas. I turbocompressori; studio del funzionamento e diagrammi caratteristici. Problemi di installazione; regolazione. I ventilatori. (12 ore)
- I compressori volumetrici alternativi e rotativi; studio del funzionamento; regolazione; campo di impiego. (8 ore)
- Le turbine a gas. Cicli termodinamici semplici e complessi. Organizzazione meccanica e regolazione. (8 ore)
- Le macchine idrauliche. Cenno alle turbine. Le pompe centrifughe. Campi di impiego. Caratteristiche di funzionamento; problemi di scelta e di installazione. La cavitazione. Le pompe volumetriche; campi di impiego; problemi di installazione. (8 ore)
- I motori alternativi a combustione interna. Cicli termodinamici. Studio del funzionamento dei motori ad accensione comandata e ad accensione per compressione. La combustione. La dosatura. Le combustioni anomale. Le caratteristiche dei combustibili. Emissioni nocive e loro contenimento. La regolazione. (12 ore)

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

Esercizi di richiamo dei concetti di termodinamica orientati alle problematiche delle macchine. Esempi di applicazione del I° Principio alle trasformazioni di interesse.

Uso dei diagrammi termodinamici (Mollier); esercizi sugli ugelli in condizioni subsoniche e in condizioni critiche con gas e vapore.

Bilanci di energia negli impianti a vapore, semplici, rigenerativi, a ricupero totale e parziale.

Esercizi sulle turbine assiali e radiali, semplici e multiple.

Esercizi sulla regolazione degli impianti a vapore a condensazione ed a ricupero, e calcoli sui condensatori.

Esercizi sui turbocompressori: utilizzazione dei concetti di similitudine; calcoli e scelte per la regolazione.

Esercizi sui compressori volumetrici alternativi e rotativi; calcoli e scelte per la regolazione.

Esercizi su cicli e impianti di turbine a gas: calcolo delle prestazioni in condizioni di progetto e di regolazione.

Esercizi sulle pompe: problemi di scelta, di installazione e di regolazione. Esempi di verifica delle condizioni di cavitazione (NPSH).

Esercizi sulle prestazioni dei motori a combustione interna; potenza e consumo specifico di vari tipi.

## BIBLIOGRAFIA

A. Capetti, *Motori Termici*, Utet, Torino, 1967

A. Capetti, *Compressori di gas*, Levrotto & Bella, Torino, 1970

A. Beccari, *Macchine*, Clut, Torino, 1980

A.E. Catania, *Complementi ed esercizi di macchine*, Levrotto & Bella, Torino, 1979

## ESAME

L'esame consiste in una prova scritta della durata di circa 2,5 ore e di una prova orale di circa 50 minuti. Nella prova scritta, durante la quale possono essere tenuti e consultati testi o appunti, viene richiesto lo svolgimento di 3 esercizi riguardanti argomenti vari del corso trattati anche nelle esercitazioni. Il risultato della prova scritta non preclude l'orale. La prova scritta viene effettuata nel giorno e ora previsto nel calendario ufficiale degli appelli.

## **C3420 METALLURGIA**

Anno: 3	Periodo: 2	
Impegno (ore totali)	lezioni: 75	esercitazioni/laboratori: 20
Docente:	<b>Bruno DE BENEDETTI</b> (coll.: <b>Giovanni MAIZZA</b> )	

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso stabilisce criteri razionali di scelta e di controllo dei materiali metallici allo scopo di fornire uno strumento utile per la progettazione, costruzione e conduzione d'impianti chimici e meccanici.

Particolare attenzione viene dedicata all'integrazione dei materiali all'interno di un progetto generale che tenga conto dell'intero ciclo di vita dei prodotti, dedicando ampio spazio alle leghe ferrose ed ai problemi di interazione con l'ambiente in opera.

Le basi teoriche di metallurgia generale sono ritenute acquisite nei corsi precedenti di Tecnologia dei materiali e chimica applicata e Termodinamica dell'ingegneria chimica, mentre ci si prefigge lo scopo di supportare, tramite opportuni argomenti di collegamento, la Scienza delle costruzioni e la Costruzione di macchine.

### **PROGRAMMA**

- Processi di fabbricazione. [8 ore]

La descrizione delle tecniche di colata, deformazione plastica a caldo ed a freddo, lavorazione per asportazione di materiale è utilizzata per fornire le alternative in relazione al disegno dei pezzi.

- Trattamenti termici massivi. [8 ore]

Modalità di esecuzione di ricottura, normalizzazione e bonifica e loro inserimento nel ciclo di fabbricazione in dipendenza delle esigenze di lavorabilità.

- Trattamenti termici superficiali. [12 ore]

Tecnologia per l'esecuzione di cementazione, nitrurazione, carbonitrurazione, tempra ad induzione e caratteristiche che vengono impartite ai pezzi in relazione alle esigenze di resistenza ad usura, fatica, corrosione. Tecniche di riporto superficiale.

- Classificazione degli acciai. [12 ore]

Acciai strutturali, per utensili, per cuscinetti, per valvole ed effetto comportato dagli elementi leganti. Ottimizzazione delle caratteristiche di saldabilità e lavorabilità.

- Acciai inossidabili. [14 ore]

Descrizione degli acciai ferritici, austenitici, martensitici e bifasici. Metodiche di giunzione: sensibilizzazione durante la saldatura e leghe stabilizzate. Trattamenti di distensione. Stabilità dello stato di passivazione in relazione all'ambiente. Le principali forme di corrosione uniforme e localizzata.

- Leghe da getto ferrose. [6 ore]

Ghise lamellari, sferoidali, nodulari e sistemi di modifica della matrice. Trattamenti di stabilizzazione dei getti. Tubi per reti di distribuzione gas, acqua.

- Leghe da getto non-ferrose. [10 ore]

Caratteristiche resistenziali delle principali leghe di rame, alluminio, zinco, magnesio, piombo, titanio.

- Leghe metalliche per impieghi particolari. [6 ore]

Materiali per applicazioni elettriche, magnetiche, aeronautiche, bioingegneristiche.

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

Descrizione dei metodi di misura delle principali caratteristiche meccaniche. [4 ore]

Modalità di esecuzione di controlli non-distruttivi e distruttivi. [4 ore]

I laboratori riguarderanno lo svolgimento di prove specifiche sui materiali, [6 ore]

e di simulazione al computer di alcuni trattamenti termici con l'ausilio di programmi specifici. [6 ore]

## **BIBLIOGRAFIA**

Gli argomenti trattati nel corso sono sviluppati in:

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

Per ulteriori approfondimenti si consiglia la consultazione del *Metals handbook* edito a cura dell'American Society for Metals (ASM).

## **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.

## C3430 METALLURGIA FISICA

Anno: 5                      Periodo: 2  
Impegno (ore totali)    lezioni: 70    esercitazioni: 16    laboratori: 6  
Docente:                    **Bruno DE BENEDETTI** (coll.: **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

Le esercitazioni verteranno su:

calcoli roentgenografici: scelta dell'anticatodo; calcolo delle costanti reticolari; indicizzazione di un diffrattogramma; calcolo dei coefficienti di diffusione. [16 ore]

E' prevista la 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.

### 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: 5

Periodo: 2

Docente:

da nominare

**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Mettere gli allievi in condizione di:

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

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

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

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

**PROGRAMMA**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Concetti base e modelli di rappresentazione di processi di gestione.

Strumenti *soft* di supporto alla gestione di progetti. Analisi di casi reali.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

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

## **BIBLIOGRAFIA**

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

## **ESAME**

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

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

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

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

## M3500 METODI PROBABILISTICI, STATISTICI E PROCESSI STOCASTICI

Anno: 2	Periodo: 2		
Impegno (ore totali)	lezione: 80	esercitazione: 40	laboratori: 2
Docente:	<b>Grazia VICARIO</b>		

### 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 DEL CORSO

**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

Grazia Vicario, Raffaello Levi (1997), *Calcolo delle Probabilità e Statistica per Ingegneri*, Casa Editrice Esculapio, Bologna.

Giulia Aschero, Marco Varetto (1998), *Esercizi di Metodi Probabilistici, statistici e Processi Stocastici*, CLUT, Torino

## 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:	periodo: 1
Impegno (ore totali)	lezioni: 4      esercitazioni: 4
Docente:	<b>Maria Franca NORESE</b>

**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso intende fornire un quadro generale delle problematiche connesse con la modellizzazione di sistemi complessi e presentare differenti approcci teorici ed operativi. Alcuni tra i principali strumenti di analisi ed identificazione (di elementi, relazioni, procedure e processi del sistema in esame) e di strutturazione, valutazione e gestione del sistema modellizzato saranno presentati ed analizzati in relazione a casi reali di modellizzazione.

**PROGRAMMA**

- Sistemi e complessità

caratteristiche di complessità in relazione a situazioni strutturate (prevalenti ad esempio nei sistemi biologici o meccanici) ed a situazioni poco o per nulla strutturate, tipiche dei sistemi organizzativi e socio-tecnici; strumenti per il riconoscimento e la classificazione di situazioni a differente complessità.

- Sistemi e misura

natura della misura, scale di misura, valutazioni per i metodi multicriteri, problemi associati (precisione, significatività, incertezza, validazione...).

- Approcci di modellizzazione

processi, metodologie e tecniche (diagrammatiche, analitiche, statistiche e logiche); strumenti di supporto alla strutturazione e gestione di modelli (*structural and structured modeling; model management systems*).

- Approccio sistemico ai problemi

strumenti della ricerca operativa, dell'analisi dei sistemi e dell'ingegnerizzazione dei sistemi (sia in relazione alla *concurrent engineering* che al *soft systems thinking*).

**LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Analisi e modellizzazione di situazioni problematiche connesse all'organizzazione e gestione di sistemi informativi, decisionali e di coordinamento e controllo. Analisi ed utilizzo di strumenti *software* (LEP).

**BIBLIOGRAFIA / O ESERCITAZIONI**

Appunti del corso e documenti distribuiti durante le lezioni.

Anno: 4                      Periodo: 1  
Impegno (ore totali)    lezioni: 52            esercitazioni: 26  
Docente:                    **Bernardo RUGGERI**

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso è finalizzato sia a fornire una serie di nozioni biologiche di base, sia al trasferimento di metodologie di analisi tradizionali dell'ingegneria chimica ai sistemi biologici in reazione. Il corso è propedeutico agli insegnamenti di Processi biologici industriali e Impianti biochimici, di cui costituisce l'indispensabile fondamento.

### **REQUISITI**

Principi di ingegneria chimica 1 e 2, Calcolo numerico.

### **PROGRAMMA**

- Biologia. [14 ore]

La struttura cellulare: cellule eucariotiche e procariotiche; batteri, muffe, alghe, protozoi, cellule animali; struttura delle molecole biologiche: non informativi: carboidrati e lipidi; informativi: proteine, enzimi; miste: membrane biologiche; struttura, reattività e proprietà; strutture informative: dai nucleotidi ad RNA e DNA; principi di genetica: DNA ricombinante a fini industriali.

- Termodinamica. [10 ore]

Termodinamica dei processi irreversibili: equilibrio e trasformazioni cellulari; energetica dei sistemi biologici: catabolismo e anabolismo; reazioni metaboliche e reazioni genetiche; bilanci macroscopici di massa ed energia nei sistemi aperti; stechiometria delle reazioni biologiche: concetto di "accoppiamento"; l'entalpia di reazione.

- Cinetica. [14 ore]

Fenomeni di trasporto: passivo, facilitato, attivo; proprietà di trasporto delle molecole biologiche; cinetiche biologiche: tecniche per la riduzione delle complessità formali: approccio *lumping*, tecnica dei rilassamenti; misure cinetiche: reattore integrale e differenziale, *gradientless*; problemi di consistenza tra misure sperimentali e modelli teorici; approcci modellistici alla dinamica biologica: sistemi a coltura pura e mista e sistemi, modelli deterministici, stocastici; stabilità puntuale ed assistita, approcci avanzati: *fuzzy* e reti neurali.

- Bioreattoristica. [10 ore]

*Batch*, *CSTR*: stabilità e molteplicità cinetica e termica; reattori a pistone; immobilizzati: a letto fisso, fluidizzato; valutazione delle resistenze controllanti; un particolare bioreattore: *fed batch*: stabilità e controllo; reattori a membrana; interazione tra fluidodinamica e biofase: agitazione e morfologia; la teoria della turbolenza isotropica di Kolmogorov quale base per la stima delle proprietà di trasporto dei brodi.

- Principi dei biorecuperi. [4 ore]

Proprietà delle biomolecole; gradienti chimici ed elettrochimici; termodinamica e proprietà dei sistemi polifasici; essiccamento e denaturazione: la liofilizzazione quale principio di bioseparazione; recupero mediante l'uso di membrane.

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

Esercizi di calcolo concernenti gli argomenti teorici trattati.

### **BIBLIOGRAFIA**

Appunti dalle lezioni.

J.D. Rawn [et al.], *Biochimica*, McGraw-Hill, 1990.

B. Lewin, *Genes. IV*, Oxford Univ. Press, 1990.

J.A. Roels, *Energetics and kinetics in biotechnology*, Elsevier, 1983.

M.L. Shuler, F. Kargi, *Bioprocess engineering*, Prentice Hall, 1992.

Anno: 4                      Periodo: 1  
Impegno (ore totali)    lezioni: 72            esercitazioni: 44    laboratori: 4  
Docente:                    **Silvio SICARDI**

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

La prima parte del corso propone l'applicazione dei principi fondamentali di equilibrio termodinamico e bilanci di materia, energia e quantità di moto alla progettazione delle apparecchiature a stadi. La seconda parte del corso si prefigge di fornire le basi necessarie per il progetto dei reattori chimici.

### **PROGRAMMA**

Progetto di apparecchiature di separazione

*Progetto di apparecchiature di separazione a stadi. [30 ore]*

Richiami di equilibrio termodinamico; stadio di equilibrio, stadi multipli a correnti incrociate, in controcorrente, in controcorrente con riflusso. Applicazioni al progetto di operazioni chimiche: colonne di assorbimento e di distillazione a piatti, estrattori liquido-liquido, processi di lisciviazione ecc.

Cenni a condizioni di funzionamento non stazionario.

*Modelli fluidodinamici. [6 ore]*

Modelli di sistema perfettamente miscelato ed a pistone; applicazione al calcolo delle colonne di assorbimento a riempimento.

Progetto di reattori chimici

*Reattori chimici ideali omogenei. [10 ore]*

Reattori isotermi, non isotermi ed adiabatici con reazioni semplici e complesse.

*Reattori chimici reali omogenei. [8 ore]*

Curve distributive dei tempi di permanenza; modello della dispersione longitudinale e dei reattori miscelati in cascata; cenni a modellistiche più complesse per l'interpretazione della resa e selettività dei reattori reali. Micromiscelazione e segregazione.

*Reattori chimici eterogenei. [10 ore]*

Trasporto di materia in presenza di reazione chimica: modello del film fittizio, teoria della penetrazione; reazione chimica in sistemi eterogenei fluido-fluido e fluido-solido con catalizzatore.

Calcolo di assorbitori in presenza di reazione chimica. [4 ore]

Calcolo di reattori catalitici bifasici solido-fluido. [4 ore]

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

Vengono svolti calcoli di progetto delle apparecchiature chimiche definite a lezione.

Viene svolta una esercitazione di 4 ore con squadre a numero limitato di studenti: entro la fine del semestre ogni squadra deve compilare una breve relazione riportando modalità operative e risultati ottenuti.

### **BIBLIOGRAFIA**

G. Biardi, S. Pierucci, *Operazioni unitarie di impianti chimici*, CLUP, Milano.

K.K. Westerterp [et al.], *Chemical reactor design and operation*.

### **ESAME**

È prevista una prova scritta di calcolo e progetto delle apparecchiature trattate nel corso delle esercitazioni; la prova deve essere superata per poter accedere all'esame orale.

Anno: 5                      Periodo: 1  
Impegno (ore totali)      lezioni: 56      esercitazioni: 28  
Docente:                    Giuseppe GENON

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di chiarire i concetti di base, e successivamente illustrare i principali procedimenti industriali, i quali utilizzino microrganismi allo scopo di ottenere la produzione di composti chimici di base, alimenti, biomasse. In tal senso, ad una prima parte di carattere generale concernente i meccanismi fondamentali fisici, chimici e biologici dell'ingegneria biochimica, ed i relativi modelli di interpretazione, segue una seconda parte più applicativa e tecnologica, volta ad illustrare dal punto di vista dello schema di processo le operazioni più importanti della microbiologia industriale.

### **REQUISITI**

È propedeutico al corso l'apprendimento dei necessari fondamenti di chimica industriale e di principi di ingegneria chimica.

### **PROGRAMMA**

- Premesse di microbiologia.

Caratteristiche dei microrganismi di interesse industriale, tipi, composizione, crescita, adattamento. [4 ore]

Meccanismi di utilizzo energetico e di trasformazione metabolica. [3 ore]

- Ingegneria biochimica.

Cinetica dei processi biologici, azione di inibitori, cinetica di crescita delle biomasse, relazioni tra cinetica e trasferimento di materia. [8 ore]

Funzionamento di reattori continui, discontinui, semicontinui con o senza ricircolo. [5 ore]

Trasferimento di ossigeno in reattori aerati, con agitazione meccanica, operanti con ricircolo.

Problemi di agitazione. *Scale-up* delle prestazioni. [10 ore]

Sterilizzazione termica del liquido culturale, mantenimento della sterilità, sterilizzazione dell'aria. [4 ore]

Particolarità costruttive dei reattori, sistemi di misura e di controllo. [6 ore]

Trattamento finale del liquido culturale, definizione dei costi di fermentazione. [4 ore]

- Tecnologie applicative.

Produzione di metaboliti primari (etanolo, acidi organici), di enzimi, di antibiotici. [6 ore]

Principi generali dell'ossidazione biologica, trattamento delle acque di scarico, concetto dell'età del fango, trattamenti anaerobici a biomasse sospese e fissate. [6 ore]

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

Le esercitazioni prevedono il calcolo di dimensionamento di apparecchiature e la definizione dello schema di processo di tecnologie microbiologiche. Più in dettaglio, esse trattano i seguenti argomenti:

- processi metabolici e considerazioni bioenergetiche; [4 ore]

- cinetica di processi biologici; [6 ore]

- dimensionamento dei sistemi di trasferimento dell'ossigeno; [8 ore]

- definizione di uno schema di processo e costi; [4 ore]

- dimensionamento processistico di sistemi di depurazione. [6 ore]

### **BIBLIOGRAFIA**

S. Aiba, A.E. Humphrey, N.F. Millis, *Biochemical engineering*, 1973.

H.J. Rehm, G. Reed, *Biotechnology*, Vol. 1 e 3, 1983.

G. Genon, *Processi biologici industriali*, CLUT, 1993.

Anno: 5

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni: 70

esercitazioni: 12

Docente:

**Giuseppe GOZZELINO****PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di fornire un quadro generale sui principali processi industriali di produzione di polimeri sintetici. Vengono forniti i concetti di base della chimica macromolecolare e la loro applicazione nello sviluppo di processi per la produzione delle macromolecole costitutive le materie plastiche, gli elastomeri e i materiali termoindurenti. Sono inoltre prese in considerazione le proprietà fondamentali e le caratteristiche di impiego dei materiali macromolecolari ottenuti nei processi industriali e le tecnologie di trasformazione nei prodotti finali di consumo.

**REQUISITI**

Il corso può essere seguito agevolmente se si hanno le conoscenze di base di chimica organica e di chimica industriale.

**PROGRAMMA**

- Generalità sulle macromolecole. [10 ore]

Classificazione, strutture, proprietà, settori applicativi. Pesì molecolari medi dalle proprietà di soluzioni polimeriche. Tecniche strumentali per la misura della distribuzione dei pesì molecolari.

- Polimeri da poliaddizione radicalica. [12 ore]

Monomeri, iniziatori, modelli di reazione, cinetica, controllo del peso molecolare. Modalità di processi industriali in massa, in soluzione, in sospensione e in emulsione.

- Polimeri da polimerizzazione a stadi. [6 ore]

Monomeri, catalizzatori, variabili di processo e grado di polimerizzazione, distribuzione dei pesì molecolari. Produzione industriale di poliammidi e poliesteri.

- Polimeri da poliaddizione ionica. [4 ore]

Iniziatori ionici. Caratteristiche dei processi a propagazione cationica e anionica. Polimerizzazione stereospecifica.

- Produzione di commodities polimeriche. [6 ore]

Polietilene a alta e bassa densità, polipropilene, polistirene, polivinil cloruro.

- Polimeri da copolimerizzazione. [4 ore]

Modelli di copolimerizzazione. Composizione del polimero e reattività dei monomeri. Rapporti di reattività e loro valutazione. Copolimeri di interesse industriale.

- Produzione di materiali elastomerici. [2 ore]

Monomeri. Tecnologie di polimerizzazione e di vulcanizzazione.

- Resine termoindurenti. [6 ore]

Poliestere insature, epossidiche, fenoliche, amminiche, poliuretatiche. Applicazioni e tecnologie di produzione.

- Proprietà dei polimeri. [6 ore]

Reologia delle soluzioni e dei fusi polimerici. Comportamento elastico e viscoso. Viscoelasticità. Densità di energia coesiva. Proprietà meccaniche dei polimeri in massa. Influenza della temperatura sulle proprietà. Degradazione. Invecchiamento. Miscele polimeriche.

- Caratterizzazione dei polimeri. [4 ore]

Principali tecniche strumentali per la caratterizzazione chimica e fisica dei polimeri.

- Tecnologie di trasformazione dei termoplasti. [6 ore]
- Additivi e tecniche di miscelazione. Estrusione. Tecniche di stampaggio. Tecniche di filatura. Influenza della lavorazione sulle proprietà.
- Materiali compositi a matrice polimerica. [4 ore]
- Matrici e fibre per compositi. Cenni di micromeccanica dei compositi. Tecnologie di produzione.

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Gli studenti, divisi in gruppi, partecipano a sperimentazioni che hanno per oggetto reazioni di polimerizzazione, caratterizzazione chimica dei polimeri e prove sul comportamento meccanico di alcune classi di materiali polimerici utilizzando sia apparecchiature di uso didattico che apparecchiature dedicate alla ricerca.

Visita a stabilimenti produttivi che effettuano produzione o trasformazione di materiali plastici.

## BIBLIOGRAFIA

AIM, *Macromolecole: scienza e tecnologia*. Vol. 1, Pacini, Pisa, 1992.

Appunti delle lezioni forniti dal docente.

## C4070 PROCESSI ELETTROCHIMICI

Anno: 5	Periodo: 2
Impegno (ore sett.)	lezioni: 72      esercitazioni/laboratori: 6
Docente:	<b>Nerino PENAZZI</b>

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo del corso è quello di fornire le conoscenze di base dell'industria elettrochimica mediante l'esame di alcuni processi fondamentali. Vengono anche fornite alcune notizie sugli impianti in relazione a problematiche tipiche dell'ingegneria elettrochimica.

### REQUISITI

Il corso presuppone la conoscenza dei principi di ingegneria chimica e dell'elettrochimica.

### PROGRAMMA

- L'impianto elettrochimico. [6 ore]

Aspetti tecnici del processo elettrochimico industriale, aspetti economici del dimensionamento del circuito di elettrolisi, la conversione dell'energia elettrica.

- La cella e il circuito di elettrolisi. [10 ore]

Le parti costitutive, elettrodi unipolari e bipolari, la struttura degli elettrodi, sistemi tipici di collegamento, i diaframmi porosi, materiali elettrodi.

- L'elettrolisi dell'acqua. [12 ore]

La scelta dell'elettrolita, la tensione di elettrolisi, la purezza dei gas, il bilancio termico, apparecchi bipolari, l'elettrolisi sotto pressione.

- L'elettrolisi dei cloruri alcalini. [16 ore]

Il processo a diaframma, controcorrente, la concentrazione di soda nell'effluente catodico, il rendimento faradico, il comportamento del diaframma, modelli industriali tipici, il processo a mercurio, influenza delle impurezze, il processo di decomposizione dell'amalgama, ciclo della salamoia, il processo a membrana, altri processi elettrolitici dei cloruri in soluzione acquosa (ipocloriti, clorati, perclorati).

- Processi idrometallurgici. [12 ore]

Aspetti fondamentali, idrometallurgia del rame, raffinazione ed estrazione elettrolitica, idrometallurgia del nichel e del cobalto, idrometallurgia dello zinco, effetto delle impurezze, idrometallurgia del cadmio.

- Processi elettrolitici in sale fuso. [6 ore]

Aspetti fondamentali, produzione e raffinazione elettrolitica dell'alluminio, sistema catodico e sistema anodico, reazioni primarie, reazioni secondarie, composizione e temperatura del bagno, la tensione di elettrolisi, nebbie catodiche ed effetto anodico.

- Galvanotecnica. [4 ore]

Galvanostegia, galvanoplastica, circuiti stampati, elettroformazione, lavorazione elettrochimica dei metalli.

- Generatori elettrochimici. [6 ore]

Pile Leclanché, pile alcaline, pile a ossido, accumulatori al piombo, accumulatori nichel-cadmio, pile a combustibile.

### BIBLIOGRAFIA

P. Gallone, *Trattato di ingegneria elettrochimica*, Tamburini, Milano, 1973.

Anno: 5

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni: 64

esercitazioni/laboratori: 14

Docente:

**Franco FERRERO****PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso sviluppa argomenti specialistici della chimica industriale organica. Data la vastità ed eterogeneità dei processi della chimica fine, gli argomenti scelti sono stati raggruppati in tre tematiche di base: processi di filatura chimica, processi interfase, chimica del colore e fotochimica. Si intende così evitare una eccessiva frammentazione degli argomenti e una trattazione prevalentemente descrittiva. Gli aspetti applicativi si concretizzano nelle esercitazioni di laboratorio, in cui gli allievi in piccoli gruppi hanno la possibilità di venire a conoscenza di metodiche strumentali utilizzate nel controllo analitico di alcuni processi e prodotti speciali.

Il corso consta di 64 ore circa di lezione in aula e di 14 ore di esercitazioni di laboratorio (6 ore settimanali complessive).

**REQUISITI**

È necessaria la conoscenza degli argomenti trattati in: Chimica, Chimica II, Chimica Industriale I.

**PROGRAMMA**

- Processi di filatura chimica

Fibre chimiche: terminologia e classificazione; polimeri fibrosi: struttura organochimica, macromolecolare e supermolecolare; modelli strutturali, relazioni struttura-proprietà; proprietà morfologiche, meccaniche e fisiche in genere; proprietà chimiche: assorbimento di acqua, rigonfiamento, tingibilità, resistenza ad agenti chimici, alla fotodegradazione; comportamento termico: transizioni 1° e 2° ordine, relazioni con la struttura; metodi di analisi termica e applicazioni alle fibre; reazione al fuoco: autoestinguenza e ignifugazione. [12 ore]

Principi della filatura chimica: filabilità, filiere, processi da fuso, a secco, ad umido.

Fibre artificiali: cellulosa, processo viscosa e fibre modali, filo cupro, acetato e triacetato.

Fibre sintetiche: monomeri, polimerizzazione, filatura di: poliammidi, poliestere, acriliche, cloroviniliche, poliolefiniche, fibre elastomeriche.

Fibre tecniche, tessuti non-tessuti, geotessili. [12 ore]

- Processi Interfase

Esempi: processi di nobilitazione tessile e funzione degli ausiliari. Tensione superficiale e lavoro di adesione; proprietà dei tensioattivi: potere imbibente, idrorepellenza, potere detergente, schiume; comportamento dei tensioattivi in soluzione acquosa: potere emulsionante, HLB, c.m.c.; classificazione e processi di produzione dei tensioattivi. Sbiancanti, detersivi e sequestranti. Sistemi colloidali e loro applicazione a processi industriali: flocculazione, polielettroliti e polimeri per il trattamento delle acque; processi di scambio ionico; catalisi in trasferimento di fase. [16 ore]

- Chimica del colore e processi fotochimici

Principi della colorimetria industriale: illuminanti standard, meccanismo della percezione visiva dei colori, colorimetria di trasmissione, classificazione dei colori, sistema tristimolo, spazi di colore, metameria, colorimetria di riflessione, spettrofotometri, applicazioni. [6 ore]

Coloranti: relazioni tra colore e struttura, proprietà applicative, solidità delle tinture, classificazione tintoriale e chimica, fluorescenza e candeggianti ottici; principi della tecnologia della tintura e chimica-fisica dei processi tintoriali: fenomeni diffusivi, fattore idrodinamico, cinetica e termodinamica; principali processi tintoriali. [10 ore]

Processi fotografici e di fotoriproduzione; principi della stampa grafica e tessile; processi fotochimici. [8 ore]

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Analisi termica di materiali polimerici. [3 ore]

Spettrofotometria FT-IR di materiali polimerici. [2 ore]

Gascromatografia di solventi e monomeri. [3 ore]

Misura della tensione superficiale e della c.m.c. di tensioattivi con la bilancia di Cahn. [2 ore]

Flocculazione di sospensioni. [2 ore]

Colorimetria di trasmissione e spettrofotometria UV-VIS di coloranti. [2 ore]

## BIBLIOGRAFIA

Dispense monografiche a cura del docente.

Testi ausiliari:

H. Zollinger, *Color chemistry*, VCH, 1992.

## ESAME

L'esame consiste in una prova orale, nel corso della quale possono venire discussi anche i risultati delle esperienze di laboratorio presentati in forma di relazioni scritte.

Anno: 5

Periodo: 2

Impegno (ore sett.)

lezioni: 6

Docente:

**Giorgio ROVERO****PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di illustrare lo sviluppo di un progetto per la realizzazione di un processo chimico, a partire dall'idea iniziale alla emissione degli elaborati e dei documenti tipici delle varie fasi intermedie e finali. La suddivisione delle varie funzioni di *management* è illustrata al fine di giustificare la distribuzione dei compiti delle figure professionali. Sono valutate, in successione, le fasi che precisano e sviluppano progressivamente la definizione del progetto fino all'ingegneria di dettaglio ed ancora, come appendice, il preavviamento e la messa in marcia dell'impianto. Cenni di operabilità e di sicurezza vengono sviluppati come verifica e messa a punto dei sistemi di controllo installati sulle singole apparecchiature interconnesse nella realizzazione del processo chimico.

**REQUISITI**

Oltre agli insegnamenti di base, si intendono propedeutiche le nozioni impartite di *Impianti chimici 1 e 2*.

**PROGRAMMA**

- Organizzazione di un progetto. [4 ore]

Vengono definiti i compiti delle varie figure professionali coinvolte nella gestione di un progetto.

- Obiettivi di un progetto. [6 ore]

Vengono stabiliti i prodotti del lavoro di ingegneria che deve essere intrapreso a partire dalle informazioni iniziali, valutate criticamente, all'emissione degli elaborati.

- Progettazione concettuale. [20 ore]

In questa fase vengono decise le operazioni unitarie e la loro sequenza utili al raggiungimento degli obiettivi del processo chimico: a partire da schemi a blocchi semplificati si giunge ad una definizione finale che sarà presa in considerazione per le elaborazioni progettuali successive.

- Progettazione di base. [40 ore]

Le varie operazioni unitarie vengono descritte in dettaglio mediante bilanci di materia, energia e quantità di moto. Particolari condizioni fluidodinamiche sono oggetto di valutazione specifica del caso esaminato.

- Circolazione di dati.

Ogni fase del progetto è interconnessa con le altre ed è resa compatibile in modo da costituire un progetto coerente in tutti i suoi aspetti quantitativi (fase distribuita nelle varie approssimazioni successive).

- Sviluppo dello schema di controllo. [20 ore]

La funzionalità e la possibilità di regolazione dell'impianto sono analizzate; per ogni apparecchiatura si stabiliscono gli obiettivi di controllo, si individuano le variabili manipolabili ed una configurazione ottimale.

- Stesura del P&ID del processo. [20 ore]

Il *piping*, la schematizzazione delle apparecchiature, la loro interconnessione fisica e i cicli di controllo sono rappresentati in uno schema funzionale, secondo le normative seguite dalle principali società di ingegneria chimica, al fine di dare una rappresentazione chiara del processo e delle sue modalità di conduzione.

## BIBLIOGRAFIA

- SnamProgetti, *Guida alla progettazione degli impianti petrolchimici e di raffinazione*, Pirola, Milano, 1975.
- H.F. Rase, M.H. Barrow, *Project engineering of process plants*, Univ. of Texas & Foster Wheeler Co. 1970.
- M. Capra, *Aspetti organizzativi di un progetto: procedura operativa*, Ars Ing., 1992.
- G. Zerboni, *Fasi della realizzazione degli impianti chimici*, 1990.
- S.R. Hed, *Project control manual*, 1985. 10
- Sinnok, *Chemical engineering*. Vol. 6, 2nd ed., Elsevier. 10
- J.M. Douglas, *Conceptual design of chemical processes*, McGraw-Hill, Singapore, 1988.
- G. Rovero, U. Arena, *Progettazione di un inceneritore a letto fluido circolante*, SMIC Politecnico di Torino, 1993.
- G. Rovero, A. Barresi, *Progettazione di un inceneritore catalitico per effluenti gassosi contenenti cloruro di vinile*, SMIC Politecnico di Torino, 1994.

## ESAME

Gli studenti presentano una relazione monografica coordinata nei vari argomenti trattati. Al termine del corso, successivamente alla correzione e revisione degli elaborati, gli studenti presentano il loro lavoro di progetto pubblicamente in forma seminariale, a cui segue una valutazione complessiva.

## **C4450 REATTORI CHIMICI**

Anno: 5                      Periodo: 2  
Impegno (ore totali) > lezioni: 52      esercitazioni: 26  
Docente:                    **Italo MAZZARINO**

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di approfondire lo studio dei reattori chimici fornendo agli allievi le conoscenze indispensabili per il progetto e l'esercizio di tali apparecchiature. Lo studio è condotto attraverso una analisi teorica del comportamento dei reattori chimici abbinata ad un esame dei problemi di carattere pratico connessi all'impiego di tali apparecchiature nei processi industriali.

### **REQUISITI**

La conoscenza dei fondamenti teorici dei fenomeni di trasporto e della cinetica chimica applicata trattati nei corsi di Fenomeni di Trasporto e Principi di ingegneria chimica è di fondamentale importanza per la comprensione degli argomenti trattati nel corso.

### **PROGRAMMA**

**Reattori sperimentali per lo studio di processi chimici (4 ore)**

**Reazioni catalitiche eterogenee (6 ore):**

chemiadsorbimento su superfici catalitiche, cinetica dei fenomeni elementari di una reazione catalitica, espressione cinetica generalizzata, modelli cinetici semplificati, identificazione dei parametri cinetici.

**Fluidodinamica dei reattori chimici (6 ore):**

dispersione in fluidi in moto attraverso letti di particelle solide; hold-up dinamico e statico; modelli fluidodinamici PD e PDE, valutazione dei parametri dei modelli mediante prove dinamiche con sostanze traccianti.

**Reattori chimici polifasici (12 ore):**

reattori chimici gas-solido, gas-liquido e gas-liquido-solido; modelli pseudo-omogenei ed eterogenei per reattori continui gas-solido con letto solido fisso; modelli per reattori gas-liquido-solido con fase solida dispersa (slurry) e con letto solido fisso (trickle-bed, packed bubble columns), reattori con letto solido fluidizzato, reattori polifasici con solido fisso a struttura regolare (monoliti a nido d'ape e strutture open cross-flow), modellazione di sistemi fluido-solido con fase solida reattiva (reazioni fluido-solido non catalitiche).

**Dinamica dei reattori chimici (6 ore):**

molteplicità di stati stazionari e fenomeni di isteresi termica in reattori ed in singole particelle catalitiche, stabilità statica e dinamica, regimi periodici forzati, disattivazione dei catalizzatori.

**Reattori chimici per processi di polimerizzazione (2 ore):**

cinetica delle reazioni di polimerizzazione, reattori continui e discontinui per reazioni di polimerizzazione in fase fluida, reattori per processi chimici su polimeri allo stato solido.

**Sicurezza dei reattori chimici (8 ore):**

sicurezza termica dei processi chimici, reazioni secondarie in condizioni non controllate (runaway reactions), calorimetria differenziale, misure preventive e protettive, gestione di processi discontinui.

**Reattori chimici per applicazioni ambientali (8 ore):**

reattori per processi di combustione catalitica di composti organici volatili, depurazione di effluenti liquidi mediante ossidazione catalitica e fotocatalitica, processi catalitici per il trattamento di acque destinate al consumo umano.

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula consistono in esercizi di calcolo relativi ad argomenti trattati nel corso e nella elaborazione ed interpretazione dei dati ottenuti nelle prove di laboratorio.

Le esercitazioni di laboratorio riguardano lo studio sperimentale di un processo di ossidazione catalitica eterogenea di composti organici. Sono previste due esercitazioni della durata di 4 ore ciascuna: nella prima si procede alla valutazione della cinetica della reazione; nella seconda il processo di ossidazione è condotto in un reattore continuo con letto catalitico fisso.

## BIBLIOGRAFIA

Non è previsto un testo di riferimento in quanto gli argomenti trattati nel corso sono riportati su diversi testi il cui costo complessivo è ritenuto eccessivo. Il docente provvederà alla distribuzione di appunti ed altro materiale di supporto didattico.

*Testi ausiliari:*

K.R. Westerterp [et al.], Chemical reactors design and operation.

G.F. Fromant, K.B. Bischoff, Chemical reactor analysis and design.

P.A. Ramachandran, R.V. Chaudhari, Three-phase catalytic reactors.

Y. Shah, Gas-liquid-solid chemical reactors.

## ESAME

E' prevista una sola prova orale d'esame. Eventuali lavori di approfondimento su argomenti trattati nel corso ed elaborati nel corso delle esercitazioni eventualmente presentati dagli esaminandi contribuiranno alla valutazione complessiva.

## C4500 REOLOGIA DEI SISTEMI OMOGENEI ED ETEROGENEI

Anno: 5                                      Periodo: 2  
Impegno (ore totali)                      lezioni: 52                      esercitazioni: 26  
Docente:                                      da nominare (referente: **Marco VANNI**)

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

I fluidi non-Newtoniani hanno notevoli applicazioni nella industria di processo in quanto includono polimeri fusi, slurry, inchiostri, vernici e paste alimentari. Il corso si propone di fornire all'allievo ingegnere i concetti fondamentali relativi al comportamento di tali fluidi. Esso si articola in tre parti: nella prima si investiga la struttura delle equazioni costitutive che rimpiazzano la legge di Newton. Quindi viene trattata la reometria, ovvero la caratterizzazione sperimentale delle proprietà reologiche. Infine si analizzano le relazioni fra proprietà reologiche e caratteristiche fisiche di fluidi particolari (polimeri e dispersioni colloidali).

### REQUISITI

Fenomeni di Trasporto, Principi di Ingegneria Chimica, Analisi Matematica I e II.

### PROGRAMMA

*Introduzione alla reologia* [2 ore]: Obiettivi dello studio reologico. Principali comportamenti non-newtoniani in moto di taglio.

*Meccanica del continuo e reologia* [10 ore]: Riesame della meccanica del continuo: sforzo, moto e deformazione, conservazione della massa, del momento e dell'energia. Regole generali delle equazioni costitutive. Equazioni costitutive classiche: fluido non viscoso, fluido viscoso lineare, corpo elastico lineare, corpo viscoelastico lineare. Numero di Deborah.

*Effetti non-Newtoniani* [12 ore]: flusso in tubi di fluidi non-newtoniani in condizioni stazionarie e non. Classificazione dei tipi di comportamento non-newtoniano. Tipi di comportamento shear dipendente: pseudoplasticità, plasticità, dilatanza. Tipi di comportamento tempodipendente reversibile: tissotropia, antitissotropia, viscoelasticità; Comportamenti shear e tempo-dipendenti irreversibili. Analisi di flussi di taglio e elongazionali. Equazioni costitutive. Applicazioni alla risoluzione di problemi di flusso in condizioni stazionarie. Calcolo delle perdite di carico nel flusso in tubi.

*Reometria* [6 ore]: Definizione degli obiettivi dell'indagine reometrica. Classificazione degli strumenti di misura, principi di funzionamento, possibilità e limiti di impiego. Procedure reometriche in condizioni di moto continuo e di moto oscillatorio. Trattamento dei dati sperimentali.

*Comportamento reologico di sistemi polimerici* [8 ore]: soluzioni diluite, soluzioni concentrate, fusi, gel e cristalli liquidi. Configurazioni macromolecolari e interazioni polimero-polimero e polimero-solvente. Approcci molecolari alla reologia di sistemi polimerici: analisi dei principali modelli della teoria cinetica.

*Comportamento reologico di sistemi dispersi* [8 ore]: emulsioni, sospensioni in mezzi newtoniani e non. Analisi della dipendenza delle proprietà reologiche dai principali fattori compositivi. Approcci alla definizione di modelli microreologici.

*Applicazioni* [6 ore]: Applicazioni dell'indagine reometrica e dello studio reologico alla risoluzione di problemi di processo e nella formulazione di semilavorati e di prodotti finali di processo. Problematiche reologiche nei settori industriali dei polimeri, dei prodotti vernicianti, degli impasti ceramici, dei prodotti alimentari e cosmetici.

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni di calcolo in aula sui principali aspetti del corso.



## C4600 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Anno: 3

Periodo: 1

Impegno (ore sett.)

lezioni: 4

esercitazioni: 4

laboratori: 2

Docente:

**Franco ALGOSTINO** (coll.: **Giorgio FARAGGIANA**)

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso pone le basi per lo studio del corpo deformabile.

Imposta il problema del corpo elastico e presenta la soluzione del problema di Saint Venant. Vengono studiate principalmente strutture monodimensionali (travi e sistemi di travi. Si imposta il problema dell'instabilità e della non linearità, con trattazione della teoria di Eulero.

Oltre all'impostazione teorica ed analitica dei problemi strutturali, particolare riguardo viene dato alle soluzioni ottenute mediante procedimenti numerici.

### REQUISITI

Statica nel piano e nello spazio, geometria delle aree, analisi matematica, calcolo numerico.

### PROGRAMMA

- *Richiami di statica e geometria delle aree.* [4 ore]
- *Analisi dello stato di deformazione.* [4 ore]

Deduzione delle componenti del tensore di deformazione in un riferimento cartesiano ortogonale, deformazioni principali, equazioni di congruenza.

- *Analisi dello stato di tensione.* [6 ore]

Equazioni indefinite di equilibrio, componenti del tensore di tensione in diverse direzioni, cerchi di Mohor, tensioni principali.

- *Equazione dei lavori virtuali.* [6 ore]

Applicazione al corpo deformabile.

- *Leggi costitutive del materiale.* [4 ore]

Il corpo elastico, la legge di Hooke, il corpo isotropo, tensioni ideali e limiti di resistenza.

- *Teoremi energetici.* [4 ore]

Lavoro di deformazione, condizioni di minimo.

- *Il Solido di Saint Venant.* [10 ore]

Definizione e impostazione generale del problema. Flessione deviata. Taglio: teoria approssimata. Torsione: sezione circolare, sezione cava e sezione sottile aperta.

- *Travi e travature.* [8 ore]

Travature piane caricate nel loro piano e trasversalmente. Travature spaziali. Calcolo delle sollecitazioni degli spostamenti in travature isostatiche ed iperstatiche.

- *Fenomeni di instabilità.* [4 ore]

L'asta caricata di punta, teoria di Eulero. L'asta oltre il limite elastico. Fenomeni del secondo ordine.

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni verteranno su:

- *Equilibrio di sistemi di forze.* [2 ore]
- *Geometria delle aree.* [2 ore]
- *Vincoli nel piano e nello spazio.* [2 ore]
- *Travature reticolari piane.* [4 ore]
- *Travature piane isostatiche grado di vincolo, reazioni vincolari, diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione, calcolo di spostamenti.* [10 ore]

- Travature piane iperstatiche. [10 ore]
- Lenea elastica di travi diritte. [4 ore]
- Flessione deviata: determinazione dell'asse neutro e delle tensioni. [4 ore]
- Taglio: determinazione del centro di taglio. [4 ore]
- Torsione: determinazione delle tensioni e della deformazione per sezione chiusa e aperta. [4 ore]
- Instabilità: l'asta caricata di punta con diverse condizioni di vincolo in regime elastico e plastico. [4 ore]

L'attività di laboratorio riguarderà:

- Misura degli spostamenti in una trave. [1 ora]
- Visita del laboratorio del dipartimento di Ingegneria strutturale. [1 ora]

## BIBLIOGRAFIA

F. ALGOSTINO G. FARAGGIANNA A. SASSI, Scienza delle costruzioni Vol.1° e 2°, UTET.

F. ALGOSTINO G. FARAGGIANNA, Scienza delle costruzioni esercizi (in preparazione).

## ESAME

L'esame è articolato in una prova scritta e una prova orale.

A metà semestre viene effettuata una prova scritta che esonera dallo scritto d'esame.

## C4630 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI CERAMICI

Programma non pervenuto

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Esercitazioni in aula con applicazioni di calcolo sugli argomenti di lezione.
- Esercitazioni sperimentali di laboratorio con uguale o a numero limitato di allievi, che prevedano la caratterizzazione dei materiali polimerici e la valutazione delle loro proprietà meccaniche fondamentali. Su alcune esercitazioni verrà richiesta la stesura di una breve relazione.
- Sono previste visite ai impianti di realizzazione di materie plastiche.

## 4640 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI COMPOSITI

Anno: 5

Periodo: 1

Impegno (ore totali)

lezioni: 78

esercitazioni: 26

Docente:

Francesco MARINO

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

I materiali compositi sono caratterizzati dal possedere proprietà meccaniche, fisiche, chimiche modulabili in funzione delle esigenze primarie della struttura complessiva, offrendo così all'ingegnere diversificate soluzioni progettuali. Il corso propone principi fondamentali, criteri progettuali, tecnologie di processo, proprietà micro e macroscopiche per questa innovativa classe di materiali.

### PROGRAMMA

- Introduzione.

Definizione di materiale composito. Classificazione per tipo di matrice e rinforzante.

- Meccanismo di trasferimento degli sforzi.

Interfaccia, adesione, reattività, aspetti strutturali. Trasferimento degli sforzi. Dimensioni e frazioni volumetriche del rinforzante minime e critiche.

- Matrici

ceramiche, metalliche, polimeriche, vetrose: loro proprietà.

- Rinforzanti

particelle, *whiskers*, fibre corte e fibre lunghe, proprietà e tecnologie produttive.

- Compositi con particelle in varie matrici.

Tecnologie produttive, proprietà meccaniche e fisiche. Previsioni delle proprietà e modelli.

- Compositi con fibre lunghe in varie matrici.

Tecnologie produttive, proprietà meccaniche e fisiche. Previsioni delle proprietà e modelli.

- Compositi particolari

multistrati, *in situ*, riporti su substrati.

Applicazioni.

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Tecniche preparative, analitiche, prove meccaniche.

- *Trapi e trafilati*, (8 ore)

Travature piano-carpente nel loro piano e trasversalmente. Travature spaziali. Calcolo delle sollecitazioni degli sportamenti in travature ipostatiche ed iperstatiche.

- *Trattamenti di metastalli*, (4 ore)

Fasce caricate di punta, teoria di Eulero. Fascia oltre il limite elastico. Fenomeni del secondo ordine.

### LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- *Equilibrio di sistemi di forze*, (2 ore)

- *Calcolo delle aree*, (2 ore)

- *Vincoli nel piano e nello spazio*, (2 ore)

- *Travature ipostatiche piano*, (4 ore)

Travature piano ipostatiche grado di vincolo, reazioni vincolari, diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione, calcolo di spostamenti. (10 ore)

Anno: 5

Periodo: 2

Impegno (ore sett.)

lezioni: 6

Docente:

**Aldo PRIOLA****PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Scopo del corso è di fornire le conoscenze di base sulla struttura dei materiali polimerici, sulle loro proprietà e sulle tecnologie di trasformazione. Particolare importanza viene data all'esame della correlazione tra la proprietà e la struttura molecolare e la morfologia di questi materiali. Nella seconda parte sono trattate le tecnologie di trasformazione impiegate industrialmente e i più recenti sviluppi applicativi.

**PROGRAMMA**

- Aspetti generali. [4 ore]

Legami chimici e strutture molecolari organiche. Stereochimica. Materie prime; monomeri.

- Struttura e caratterizzazione delle macromolecole. [20 ore]

Pesi molecolari e loro distribuzione. Forze di coesione intermolecolari, regolarità e flessibilità della catena polimerica. Struttura supermolecolare: morfologia dello stato amorfo e cristallino. Reticoli polimerici, densità di reticolazione. Caratterizzazione termica e chimico-fisica dei polimeri.

- Principali tipi di polimeri industriali. [22 ore]

Polimeri di policondensazione e di poliaddizione. Processi di produzione dei principali polimeri termoplastici, fibre ed elastomeri. Polimeri di impiego generale e tecnopolimeri.

- Proprietà dei polimeri in massa. [15 ore]

Proprietà termiche: fenomeni di fusione e transizione vetrosa. Capacità termica, dilatazione, conducibilità. Proprietà meccaniche: rigidità, resistenza a trazione, al taglio, a compressione. Resilienza. Comportamento viscoelastico dei polimeri. Reologia dei polimeri fusi. Equazione di WLF. Proprietà dinamo-meccaniche. Comportamento elastico delle gomme.

- Proprietà elettriche. [5 ore]

Conducibilità, costante dielettrica, fattore di dissipazione. Polimeri semiconduttori e conduttori. Impiego dei polimeri in microelettronica. Proprietà ottiche. Indice di rifrazione, trasparenza. Vetri organici.

- Additivi e agenti modificanti nei materiali polimerici. [5 ore]

Plastificanti, pigmenti, cariche, agenti rinforzanti: influenza sulle proprietà dei materiali. Additivi antiossidanti. Processi di invecchiamento dei polimeri. Reazioni di degradazione. Impiego di agenti stabilizzanti. Additivi antifiama.

- Tecnologie di trasformazione.

Polimeri termoplastici: tecnologie di iniezione, estrusione, calandratura, termoformatura; stampaggio rotazionale, spalmatura. [6 ore]

Polimeri termoindurenti: poliuretani, poliesteri insaturi, poliimmidi e altri tipi di resine. Tecnologie di trasformazione. Tecnologia delle gomme. Materiali polimerici espansi. Leghe polimeriche. Polimeri per vernici ed adesivi. Cenno ai compositi polimerici. [12 ore]

I polimeri e l'ambiente: tecnologie di riciclo dei materiali polimerici e smaltimento dei rifiuti plastici. [2 ore]

**LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

- Esercitazioni in aula con applicazioni di calcolo sugli argomenti di lezione.

- Esercitazioni sperimentali di laboratorio con squadre a numero limitato di allievi, che riguarderanno la caratterizzazione dei materiali polimerici e la valutazione delle loro proprietà meccaniche fondamentali. Su alcune esercitazioni verrà richiesta la stesura di una breve relazione.

- Sono previste visite ad impianti di trasformazione di materie plastiche.

## BIBLIOGRAFIA

Scienza e tecnologia delle macromolecole / a cura dell'AIM. Vol. I e II, Pacini, Pisa, 1983.

D.W. Van Krevelen, *Properties of polymers*, Elsevier, Amsterdam, 1976. FUORI COMMERCIO

L.E. Nielsen, *Mechanical properties of polymers and composites*, Dekker, New York, 1994.

F. Rodriguez, *Principles of polymer systems*, McGraw-Hill, New York, 1982.

## PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso di laurea in Ingegneria Industriale è articolato in due cicli di studi. Il primo ciclo, di durata triennale, ha come obiettivo la preparazione di laureati in grado di occuparsi di attività di ricerca e sviluppo in campo tecnologico e di progettazione di prodotti e processi industriali. Il secondo ciclo, di durata biennale, ha come obiettivo la preparazione di laureati in grado di occuparsi di attività di ricerca e sviluppo in campo tecnologico e di progettazione di prodotti e processi industriali.

## PROGRAMMA

Il corso di laurea in Ingegneria Industriale è articolato in due cicli di studi. Il primo ciclo, di durata triennale, ha come obiettivo la preparazione di laureati in grado di occuparsi di attività di ricerca e sviluppo in campo tecnologico e di progettazione di prodotti e processi industriali. Il secondo ciclo, di durata biennale, ha come obiettivo la preparazione di laureati in grado di occuparsi di attività di ricerca e sviluppo in campo tecnologico e di progettazione di prodotti e processi industriali.

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Il corso di laurea in Ingegneria Industriale è articolato in due cicli di studi. Il primo ciclo, di durata triennale, ha come obiettivo la preparazione di laureati in grado di occuparsi di attività di ricerca e sviluppo in campo tecnologico e di progettazione di prodotti e processi industriali. Il secondo ciclo, di durata biennale, ha come obiettivo la preparazione di laureati in grado di occuparsi di attività di ricerca e sviluppo in campo tecnologico e di progettazione di prodotti e processi industriali.

## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Il corso di laurea in Ingegneria Industriale è articolato in due cicli di studi. Il primo ciclo, di durata triennale, ha come obiettivo la preparazione di laureati in grado di occuparsi di attività di ricerca e sviluppo in campo tecnologico e di progettazione di prodotti e processi industriali. Il secondo ciclo, di durata biennale, ha come obiettivo la preparazione di laureati in grado di occuparsi di attività di ricerca e sviluppo in campo tecnologico e di progettazione di prodotti e processi industriali.

## **RA210 SICUREZZA DEL LAVORO E DIFESA AMBIENTALE**

Anno: 5                      Periodo: 2  
Impegno (ore):            lezioni: 25            esercitazioni: 15            laboratori: 10  
Docente:                    **Mario PATRUCCO**

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di inquadrare i problemi di sicurezza del lavoro per quanto concerne i settori della prevenzione infortuni, dell'igiene del lavoro e della protezione dell'ambiente esterno, con riferimento all'identificazione ed alla gestione delle problematiche specificamente connesse con i cantieri di cui in premessa.

La trattazione comprende anche gli aspetti tecnici e normativi.

### **PROGRAMMA**

- La sicurezza del lavoro: definizione del problema con specifico riferimento alle unità estrattive ed ai cantieri di scavo [5 ore]
- Criteri di identificazione dei pericoli adottabili nella cantieristica in esame. [4 ore]
- Aspetti normativi in materia di sicurezza del lavoro e qualità ambientale: analisi e criteri di corretta applicazione dei supporti normativi nazionali, delle direttive comunitarie e delle principali norme e raccomandazioni straniere relative al comparto. Organismi di controllo. [6 ore]
- Infortuni sul lavoro: dati relativi al comparto. [3 ore]
- Problemi di igiene ambientale: aspetti particolari della questione per le unità estrattive ed ai cantieri di scavo; rischio di danno o disturbo verso l'esterno:  
Principi di rilevamento e riduzione di inquinanti in ambiente di lavoro (microclima, rumore, vibrazioni, polveri e gas, cenni ai rischi derivanti da radiazioni ionizzanti). [4 ore]
- Principi di rilevamento e riduzione di emissioni ed immissioni. [3 ore]

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

Sono previste esercitazioni fuori sede presso unità produttive e cantieri, per una visione diretta delle soluzioni impiantistiche discusse.

### **BIBLIOGRAFIA**

Appunti del docente e testi reperibili presso la biblioteca Diget che saranno segnalati per le parti richiamate nelle lezioni.

## **C4780      SIDERURGIA**

Anno: 5                                  Periodo: 1  
Impegno (ore totali)      lezioni: 70      esercitazioni: 15  
Docente:                              **Aurelio BURDESE (coll.: Mario ROSSO)**

---

### **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 esame 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 di 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 ferroleghie. 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 e di impiego degli acciai. Comportamento in opera.

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

Esame di schemi costruttivi e dimensionamento di apparecchiature ed impianti siderurgici. [15 ore]



## **C5440      TECNICA DELLA SICUREZZA AMBIENTALE**

Anno: 5	Periodo: 2
Impegno (ore sett.):	lezioni: 6      esercitazioni: 4
Docente:	<b>Norberto PICCININI (coll.: Guido SASSI)</b>

### **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]

Infortuni sul lavoro e malattie professionali. Evoluzione dei concetti di "rischio" e "sicurezza". Scale e parametri per valutazioni di "tollerabilità dei rischi". Le valutazioni di impatto ambientale. 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**

#### **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.

## LABORATORIO

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.

S. Messina, N. Piccinini, G. Zappellini, *Valutazione probabilistica di rischio*, 3ASI.

D.A. Crowl, J.F. Louvar, *Chemical process safety*, Prentice Hall, 1990.

## ESAME

L'esame, costituito da uno scritto e un orale, verte esclusivamente sul programma svolto a lezione, che pertanto può subire variazioni di anno in anno. Lo scritto è relativo solo alle applicazioni delle metodologie sull'analisi del rischi (Durata della prova - 3 ore - sono consultabili appunti, libri od esercizi svolti).



- Protezione contro i contatti indiretti in alta tensione.
- Dispersore 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**

Le esercitazioni verteranno su:

- 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*, Edizioni TNE .

## **C5570      TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA**

Anno: 2                                      Periodo: 2  
Impegno (ore totali)                      lezioni: 78                                      esercitazioni/laboratori: 26  
Docente:                                      **Pietro APPENDINO** (coll.: ENRICA VERNÈ)

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di rendere familiare agli allievi la funzione svolta dai materiali sia nella realizzazione dei processi chimici e degli impianti connessi, sia nel condizionare l'impiego e la scelta dei componenti. Oltre alle tecnologie di trattamento e produzione delle più comuni classi di materiali, quali acque, combustibili, materiali ceramici, materiali leganti, materiali metallici ferrosi e non ferrosi, materiali polimerici e compositi, verranno descritte le loro proprietà più significative correlandole con la loro microstruttura, con la presenza di difetti e con il comportamento in esercizio.

### **REQUISITI**

È necessaria la conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Chimica.

### **PROGRAMMA**

#### - Acque. [5 ore]

Approvvigionamento, consumi, interventi preliminari al loro utilizzo. Durezza delle acque e loro addolcimento. Demineralizzazione delle acque. Acque per usi potabili. Depurazione delle acque con metodi chimici, fisici e biologici.

#### - Combustibili. [9 ore]

Poteri calorifici, volume e composizione dei fumi, temperatura teorica di combustione, temperatura di accensione, limiti di infiammabilità, potenziale termico. Combustibili naturali: classificazione e riserve; combustibili solidi, combustibili liquidi; carburanti e propellenti; combustibili e inquinamento, combustibili gassosi naturali; processi di gassificazione di combustibili liquidi e solidi; lubrificanti.

#### - Proprietà generali dei solidi. [7 ore]

Struttura cristallina regolare; siti interstiziali; soluzioni solide sostituzionali e interstiziali, ordinate e disordinate; fasi e componenti intermedi. Difetti reticolari: vacanze, dislocazioni, difetti di superficie e di volume.

#### - Diagrammi di stato binari. [7 ore]

Sistemi a completa miscibilità allo stato solido, sistemi con eutettici, peritettici, eutettoidi, peritettoidi, con fasi intermedie a fusione congruente e incongruente. Sistemi ternari.

#### - Materiali ceramici. [7 ore]

Materiali ceramici tradizionali e innovativi per tecnologie avanzate. Materiali refrattari: refrattari acidi, basici e neutri.

#### - Materiali leganti. [7 ore]

Leganti aerei: calce, gesso; leganti idraulici: cementi Portland, pozzolanico, siderurgico, alluminoso, calci idrauliche. Materiali vetrosi e vetroceramici.

#### - Materiali ferrosi. [16 ore]

Produzione della ghisa e dell'acciaio; colata dell'acciaio; diagramma di stato ferro-cementite e ferro-grafite. Trattamenti termici sugli acciai: ricottura, normalizzazione, tempra e rinvenimento. Trattamenti superficiali. Ghise grigie, sferoidali, malleabili, bianche. Processi di fabbricazione di componenti realizzati con materiali ferrosi.

Acciai strutturali, per utensili, per valvole, per temperature elevate, per applicazioni speciali.

Acciai inossidabili ferritici, austenitici, martensitici e bifasici; le principali forme di corrosione uniforme e localizzata.

- Altri materiali metallici. [8 ore]

Alluminio e sue leghe da getto e da trattamento termomeccanico; rame e sue leghe; titanio e sue leghe, magnesio e sue leghe; zinco e sue leghe.

- Saldature e giunzioni di materiali metallici. [2 ore]

- Materiali polimerici. [8 ore]

Materiali polimerici termoplastici e termoindurenti; meccanismi di polimerizzazione, processi di polimerizzazione; additivi per materiali polimerici; proprietà dei materiali polimerici; siliconi; elastomeri.

- Materiali compositi. [2 ore]

Proprietà generali; matrici e agenti rinforzanti, compositi a matrice polimerica, metallica, ceramica, vetrosa e vetroceramica.

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni verteranno su:

- Calcoli sulla determinazione della durezza temporanea, permanente e totale e sul consumo di reattivi del tipo della calce-soda o del fosfato trisodico per abbatterla. [3 ore]

- Calcoli sul potere calorifico superiore e inferiore dei combustibili, sulla composizione e volume dei fumi, sull'aria teorica di combustione, sulle perdite al camino e sul potenziale termico. [6 ore]

- Calcoli sui moduli idraulico, calcareo, silicico, dei fondenti del cemento Portland e calcoli sulla sua composizione mineralogica; norme sui leganti. [3 ore]

- Proprietà termiche dei materiali: coefficienti di dilatazione termica, conducibilità termica, resistenza agli sbalzi termici. [2 ore]

- Proprietà meccaniche dei materiali: comportamento rispetto a sollecitazioni a trazione, a compressione, a fatica; durezza; fragilità e tenacità dei materiali; influenza della temperatura sulle proprietà. [6 ore]

I laboratori, con squadre a numero limitato di studenti, riguarderanno:

- Prove di determinazione delle caratteristiche delle acque e di alcune proprietà di combustibili e lubrificanti. [2 ore]

- Prove di determinazione di alcune proprietà meccaniche dei materiali. [2 ore]

- Esame microscopico di strutture metallografiche. [2 ore]

## **BIBLIOGRAFIA**

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

P. Appendino, C. Gianoglio, *Esercizi di chimica applicata*, CELID, 1989.

Appunti delle lezioni su alcuni argomenti relativi alle acque, sul problema dei carburanti e dell'inquinamento, sulla struttura regolare e difettiva dei solidi, sui materiali ceramici per tecnologie avanzate, sui materiali compositi, sugli acciai inossidabili, sulle saldature, su titanio, magnesio, zinco e loro leghe.

## **ESAME**

È prevista all'inizio di giugno una prova scritta della durata di due ore, da svolgere senza l'ausilio di testi o appunti, riguardante calcoli sulla durezza e sulla dolcificazione delle acque, calcoli sul potere calorifico, sul volume e composizione dei fumi, sulla temperatura teorica di combustione, sul potenziale termico dei combustibili, calcoli sui moduli e sulla composizione mineralogica del cemento Portland; descrizione e interpretazione di diagrammi di stato.

La prova dà luogo a una votazione in trentesimi e, qualora si concludesse con un esito insoddisfacente, potrà essere ripetuta verso la metà di giugno; essa esonera dal portare gli argomenti sopracitati fino alla prima sessione dell'a.a. successivo compresa.

## C5610 TECNOLOGIA DEL PETROLIO E PETROLCHIMICA

Anno: 4                      Periodo: 1  
Impegno (ore totali)    lezioni: 70            esercitazioni: 12  
Docente:                    **Giuseppe GOZZELINO**

---

### PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di fornire una conoscenza di base ed attuale sugli aspetti chimici e tecnologici che caratterizzano la trasformazione del petrolio grezzo in intermedi impiegati nella industria chimica, e in prodotti finali. Attraverso analisi termodinamiche, cinetiche e processistiche si sviluppa una rassegna e studio delle tecnologie impiegate nella raffinazione del greggio e dei processi industriali sviluppati su grande scala per trasformare gli idrocarburi in derivati funzionalizzati di impiego generale e monomeri per la produzione di materiali polimerici.

### REQUISITI

Il corso può essere seguito agevolmente se si hanno le conoscenze di base di chimica organica e di chimica industriale.

### PROGRAMMA

- Il petrolio come materia prima. [6 ore]

Aspetti storici ed economici dell'impiego industriale degli idrocarburi derivati dal petrolio. Prodotti industriali di derivazione petrolchimica.

- Valutazione tecnologica delle miscele idrocarburiche. [6 ore]

Frazionamento del greggio. Composizione delle frazioni. Curve di distillazione. Proprietà tecnologiche. Rappresentazioni grafiche delle proprietà.

- Processi di raffinazione. [6 ore]

Miscele idrocarburiche di interesse energetico e petrolchimico. Processi di depurazione delle miscele gassose per assorbimento e adsorbimento. Trattamenti di depurazione per idrogenazione dei liquidi.

- Conversione delle frazioni liquide e gassose. [8 ore]

Catalizzatori per la interconversione di idrocarburi. Processi di: *cracking* catalitico, alchilazione, isomerizzazione, oligomerizzazione, *reforming* catalitico.

- Prodotti petroliferi. [6 ore]

Specifiche dei prodotti. *Blending*. Additivazione. Inquinamento ambientale da uso di idrocarburi. Criteri ecologici e di sicurezza nella manipolazione di miscele idrocarburiche. Infiammabilità.

- Produzione di olefine leggere. [9 ore]

Etilene. Monoolefine e diolefine da *steam cracking*. Modelli di reazione. Separazione e purificazione dei prodotti insaturi. Butadiene e isoprene da intermedi petrolchimici.

- Produzione di aromatici. [5 ore]

Fonti di idrocarburi aromatici. Separazione delle miscele BTX. Processi per separazione e purificazione degli isomeri C8 aromatici. Interconversione di aromatici alchilati. Derivati degli aromatici.

- Acetilene. [3 ore]

Produzione via carbochimica e petrolchimica, purificazione, usi.

- Paraffine normali. [2 ore]

Processi di separazione dalle frazioni leggere.

- Carbonio industriale. [3 ore]

Caratteristiche e tipologie. Processi per *coke* e *carbon black*. Applicazioni.

- Intermedi petrolchimici. [12 ore]  
Monomeri, solventi e intermedi derivati da olefine leggere mediante processi di idroformilazione, ossidazione selettiva, idratazione, alogenazione.
- Prodotti finali. [4 ore]  
Cenni sui processi di trasformazione dei petrolderivati in alcuni prodotti finiti di origine petrolchimica (detergenti, fibre, polimeri).

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

Le esercitazioni consistono in applicazioni, eventualmente in laboratorio, dei concetti sviluppati a lezione e in visite a complessi industriali che sviluppano processi petrolchimici.

### **BIBLIOGRAFIA**

- C. Giavarini, A. Girelli, *Tecnologia del petrolio*, Siderea, Roma.
- C. Giavarini, A. Girelli, *Petrochimica*, Siderea, Roma.

Traccia di tutto il corso che il docente consegna agli studenti all'inizio dello stesso.

## **C5700 TECNOLOGIE INDUSTRIALI (TESSILI)**

Anno: 5                      Periodo: 2  
Impegno (ore totale)    lezioni: 50                  esercitazioni: 50  
Docente:                    **Francantonio 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 meccano-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.

## **C5710      TECNOLOGIE METALLURGICHE**

Anno: 5      Periodo: 2  
Impegno (ore totali)      lezioni: 60      esercitazioni: 20      laboratori: 14  
Visite ad industrie 16  
Docente:      **Mario ROSSO**

---

### **MODULO I: 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 composti 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.

### **MODULO II: 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. 1 tradizionali calcoli di progetto riferiti ai singoli processi, saranno supportati anche da modellizzazioni stessi 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.

## 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.

## **C5850      TEORIA DELLO SVILUPPO DEI PROCESSI CHIMICI**

Anno: 4                                      Periodo: 2  
Impegno (ore totali)                      lezioni 60:                      esercitazioni: 44  
Docente:                                      da nominare (referente: **Antonello BARRESI**)

---

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Vengono illustrati i criteri e la metodologia per lo sviluppo di un processo, mediante l'individuazione e l'analisi tecnica ed economica delle diverse alternative. In particolare nella prima parte del corso, dopo aver illustrato le tecniche per la valutazione della redditività dei processi, viene analizzata approfonditamente la prima fase del progetto, quella del "conceptual design", che conduce alla stesura dello schema di processo. Nella seconda parte viene preso in considerazione lo sviluppo del sistema di controllo di un processo.

Il corso si sviluppa con lezioni ed una serie di esercitazioni guidate nelle quali viene sviluppato lo studio di fattibilità di un impianto petrolchimico esemplificando e applicando gli aspetti teorici svolti a lezione.

### **REQUISITI**

Le nozioni impartite nei corsi di *Principi di Ingegneria Chimica* e di *Impianti Chimici*.

### **PROGRAMMA**

- Sviluppo della progettazione tecnologica. (4 ore)
- Schemi di principio, schemi quantificati, schemi tecnologici. Specifiche delle apparecchiature
- Manuale operativo e relazione di progetto.
- Valutazione economico-finanziaria di un progetto di investimento (10 ore)
- Valutazione dei costi di investimento. Stima del costo del prodotto. Stesura del business plan.
- Scelte finanziarie e criteri di redditività.
- Il conceptual design (20 ore)
- Sviluppo del conceptual design e tracciamento del flow sheet migliore (applicato ad un case study) utilizzando l'approccio gerarchico:
  - livello 0 - 1: informazioni iniziali; scelta fra processo continuo e processo batch
  - livello 2: struttura input-output del flowsheet.
  - livello 3: struttura del ricircolo
  - livello 4: sistemi di separazione (in fase liquida e vapore)
  - livello 5: integrazione e nergetica e network di scambiatori
- Diagrammi di costo e screening delle alternative
- Ottimizzazione preliminare del processo. Bilanci di materia rigorosi e logica di programmi CAD
- Sviluppo del sistema di controllo del processo (22 h)
- Identificazione dei gradi di libertà delle apparecchiature e degli obiettivi del controllo.
- Cenni sulla dinamica dei sistemi chimici. Funzioni di trasferimento e modelli input-output.
- Diagrammi a blocchi. Stabilità
- Controllo feedback. Comportamento dinamico e scelta dei sistemi P, PI, PID. Cenni su sistemi feedforward e avanzati.
- Schemi di controllo di singole apparecchiature e di un processo. Stesura di diagrammi di flusso strumentati e schemi di marcia (P&ID).
- Aspetti progettuali. Analisi di operabilità e controllabilità del sistema. Sovradimensionamento di apparecchiature
- Sviluppo di nuovi processi e controllo dello sviluppo del processo (4 h)
- Sviluppo di nuovi processi

Brevetti e procedure di interferenza.  
La tecnica del PERT e del Critical Path Method  
Commissioning e controllo dei costi

## **LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**

Esercitazioni a squadre, nelle quali viene sviluppato lo studio di fattibilità di un processo, fino alla stesura dello schema di processo strumentato. (44 h)

## **BIBLIOGRAFIA**

Testo di riferimento

J.M. Douglas, *Conceptual design of chemical processes*. McGraw-Hill, Singapore, 1988

G. Stephanopoulos, *Chemical process control. An introduction to theory and practice*. Prentice/Hall, 1984.

Dispense ed altro materiale fornito dal docente

Testi ausiliari

M.S. Peters and K.D. Timmerhaus, *Plant design and economics for chemical engineers*. McGraw-Hill, New York, 1968

A. Monte, *Elementi di impianti industriali*, vol. 1. Ed. Libreria Cortina, Torino, 1982

F.C. Jelen, *Cost and optimization engineering*. McGraw-Hill, New York, 1970

W. Neri, *Progettazione e sviluppo degli impianti chimici*, vol 1. Vallecchi, Firenze, 1970

R.K. Sinnott, *Chemical Engineering Design*. Coulson & Richardson's Chemical Engineering, Vol. &. Pergamon, Oxford, 2nd Edition, 1993.

## **ESAME**

Esame orale; la relazione presentata viene discussa in sede d'esame e concorre alla valutazione finale.



## LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Verranno svolti, richiamando la teoria, esercizi di applicazione delle equazioni dedotte durante il corso e verranno assegnate tre esercitazioni di calcolo riguardanti:

- Il bilancio energetico di un accumulatore Pb-acido.
- La riduzione degli ossidi di ferro.
- I diagrammi di stato per sistemi bifasici liquido-vapore nel caso di componenti ideali e reali.

## BIBLIOGRAFIA

M. Maja, *Termodinamica per l'ingegneria chimica*. Vol. I-V, Levrotto & Bella, Torino.

P.W. Atkins, *Chimica fisica*, Zanichelli.

M.W. Zemansky, *Termodinamica per ingegneri*, Zanichelli.

## ESAME

L'esame è costituito da una prova scritta e da una orale. La prova scritta è costituita da alcuni esercizi simili a quelli svolti durante le esercitazioni. Per essere ammessi alla prova orale è necessario avere superato quella scritta.

Anno: 2

Periodo: 1

Impegno (ore tot.):

lezioni: 6

esercitazioni: 2

Docente:

Maestro REPETTO

**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso comprende la trattazione di fenomeni elettrici e magnetici a bassa frequenza con particolare attenzione all'utilizzo dell'energia elettrica all'interno dell'industria e dell'edilizia industriale.

**REQUISITI**

Analisi Matematica I e II, Fisica I e II.

**PROGRAMMA***Primi parti: circuiti*

Modello circuitale dei fenomeni elettromagnetici. Ipotesi fondamentale del modello circuitale, definizione di componenti e classificazione dei componenti ideali, teoremi sui componenti reali, leggi dei circuiti.

Teoremi di sovrapposizione, teoremi dei circuiti equivalenti di Thevenin e di Norton, teoremi di Millman, trasformazioni energetiche nei circuiti e teoremi di Tellegen.

Evoluzione dei circuiti nel tempo delle reti lineari tempo-invarianti, richiami alla soluzione delle equazioni differenziali a coefficienti costanti, nozioni di transitorio e regime, transitori nei circuiti del primo ordine, carica ed scarica di un condensatore e dell'induttore.

Regime sinusoidale, metodo simbolico, impedenza ed ammettenza, diagrammi vettoriali, forme base della sinusoida ed ampiezza, potenza nei circuiti in regime sinusoidale, potenza attiva e reattiva, rifasamento, risonanza, risonni di cortocircuito.

Sistemi trifase, derivatori, generatori e carichi trifase, collegamenti a stella e triangolo, metodi di potenza di circuiti trifase equivalenti e non, misura della potenza.

*Seconda parte: campi*

Campo di corrente, resistenza, dipendenza di terra.

Campo magnetico, effetto e l'induzione variabile, circuiti magnetici, riluttanza ed induttanza, mutua induttanza, energia nei casi di induttori lineari e nonlineari, induzione elettromagnetica, trasformatori e induttanze, perdite nel ferro.

*Terza parte: macchine elettriche*

Trasformatore monofase, trasformatore ideale e circuito equivalente del trasformatore reale, prova a vuoto ed in cortocircuito, determinazione dei parametri di macchina, parallelo di trasformatori, trasformatori trifase, gruppo anelli.

Motori ad induzione, principi di funzionamento, caratteristiche di coppia, problemi di avviamento.

Macchina sincrona, principio di funzionamento, alternatore, parallelo su rete.

*Quarta Parte: impianti elettrici*

Quadro normativo, reti aeree e norme di dimensionamento per gli impianti ad uso civile.

Classificazione classi elettriche, tipologie di impianto, carichi convenzionali.

Dimensionamento condutture, tipologie di posa, dimensionamento termico.

Protezioni negli impianti: protezioni meccaniche, protezioni contro le sovratensioni, protezioni contro gli incendi, motivi ed criteri le somministrazioni di origine sinusoidale.

Sicurezza elettrica, delle persone: effetti della corrente elettrica sul corpo umano, contatti diretti ed indiretti, impianti di terra, sistemi di neutro, l'interconnessione diffeenziale, sistemi a tensione ridotta.

Impianti elettrici in luoghi speciali.

## PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE IMPARTITE A MONDOVI

Anno: 2	Periodo:1	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6	esercitazioni: 2
Docente:	<b>Maurizio REPETTO</b>	

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso comprende la trattazione di fenomeni elettrici e magnetici a bassa frequenza con particolare attenzione all'utilizzo dell'energia elettrica all'interno delle installazioni di tipo civile ed industriale.

### **REQUISITI**

Analisi Matematica I e II, Fisica I e II.

### **PROGRAMMA**

#### *Prima parte: 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.

Teoremi di rete: teorema di sovrapposizione, teoremi dei circuiti equivalenti di Thevenin e di Norton, teorema di Millmann, trasformazioni energetiche nei circuiti e teorema di Tellegen.

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.

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, tariffazione, correnti di corto circuito.

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

#### *Seconda parte: campi*

Campo di corrente, resistenza, dispersori di terra.

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.

#### *Terza parte: macchine elettriche*

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.

Motore ad induzione, principio di funzionamento, caratteristica di coppia, problemi di avviamento.

Macchina sincrona: principio di funzionamento, alternatore, parallelo su rete.

#### *Quarta Parte: impianti elettrici*

Quadro normativo: enti normatori e norme di riferimento per gli impianti ad uso civile.

Classificazione utenze elettriche, tipologie di impianto, carichi convenzionali.

Dimensionamento condutture, tipologie di posa, dimensionamento termico.

Protezioni negli impianti: protezioni meccaniche, protezioni contro le sovracorrenti, protezioni contro gli incendi, protezioni contro le sovratensioni di origine atmosferica.

Sicurezza elettrica delle persone: effetti della corrente elettrica sul corpo umano, contatti diretti ed indiretti, impianti di terra, stato del neutro, interruttore differenziale, sistemi a tensione ridotta.

Impianti elettrici in luoghi speciali.

## BIBLIOGRAFIA

F. Ciampolini "Fondamenti di Elettrotecnica" Ed. Pitagora, Bologna.

## ESAME

L'esame e' composto da una prova scritta e da un colloquio. Il superamento della prova scritta e' vincolante per l'ammissione all'orale. La prova scritta comprende tre esercizi sulle parti del corso per la cui soluzione e' 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 e' valido entro la prima tornata di esami orali

## **C5570      TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA**

Anno: 2	Periodo: 2		
Impegno (ore totali)	lezioni: 80	esercitazioni: 10	laboratori: 20
Docente:	da nominare		

### **PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone innanzi tutto di fornire una cultura tecnico-scientifica di base, con particolare enfasi alle correlazioni esistenti tra struttura, microstruttura e prestazione di un materiale, sottolineando quindi le potenzialità di progettazione con vecchi e nuovi materiali attraverso un controllo della loro proprietà microstrutturali. Segue una trattazione sistematica dei materiali per costruzioni aeronautiche ed aerospaziali, suddivisi nelle 4 categorie, metalli, ceramici, materie plastiche, compositi, con una sintetica descrizione delle più comuni tecnologie di trasformazione.

### **PROGRAMMA**

Classificazione dei materiali; Criteri di scelta: tecnici, industriali, economici e socioeconomici. Il legame chimico; curve di Condon-Morse. Organizzazione dei solidi; solidi cristallini ed amorfi. Strutture cristalline. Imperfezioni nei solidi. La diffusione allo stato solido e la legge di Fick. Diagrammi di stato: sistemi a uno, due e tre componenti. Influenza del tempo sulle trasformazioni di fase: diagrammi TTT e CCT. Trasformazioni senza diffusione. Proprietà dei materiali. Proprietà meccaniche: sollecitazioni e deformazioni. Legge di Hooke; modulo di Young. Prove statiche e dinamiche sui materiali (trazione, compressione, flessione, prova d'urto, etc.). Concetto di resistenza specifica. Duttilità e fragilità: definizione della tenacità a frattura. Possibilità di modificare le proprietà dei materiali. Influenza del tempo e della temperatura: la fatica e lo scorrimento viscoso. Viscoelasticità e viscoplasticità. Proprietà termiche: dilatazione termica, resistenza agli shock termici.

Materiali metallici. Legge Fe-C. Influenza della composizione e dei trattamenti termici sulle proprietà. Tecnologie di formatura. Classificazione ed applicazioni degli acciai. Acciai inossidabili. Leghe non ferrose. Le leghe leggere; leghe di alluminio, magnesio, titanio. Le superleghe. Tecniche di elaborazione e formatura: solidificazione rapida; metallurgia delle polveri; deformazione superplastica; "diffusion bonding"; solidificazione direzionale e monocristallina; alligazione meccanica; materiali rinforzati per dispersione di ossidi; cenno ai compositi a matrice metallica ed alle leghe intermetalliche. Sviluppo del disegno, della composizione e delle tecniche di formatura di pale per turbina.

I materiali ceramici: classificazione. Le polveri ceramiche. Le tecniche di formatura. La sinterizzazione. Vetri: tecnologie di fabbricazione e proprietà. Vetroceramici. I refrattari di alta tecnologia. Descrittiva di alcuni ceramici ingegneristici (allumina, zirconia, nitruro e carburo di silicio). I rivestimenti ceramici (Thermal Barrier Coatings).

I materiali polimerici. Cenni alle tecniche di polimerizzazione. Termoplastici, termoindurenti, elastomeri. Temperatura di transizione vetrosa. Comportamento meccanico. Comportamento elastomerico e vulcanizzazione. Tecniche di formatura. Degrado dei materiali polimerici.

Materiali compositi: classificazione; tipi di rinforzi e di matrici. Fibre di vetro, aramidiche, di boro, di carbonio: Metodi di produzione e proprietà. Matrici, essenzialmente polimeriche (poliestere, poliammide, epossidica, polimmidica, etc.). Metodi di elaborazione dei compositi; compositi strutturali, laminati ed a sandwich.

Cenni ai combustibili ed alle interazioni con i materiali di contenimento.

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

Le esercitazioni sono parzialmente di calcolo in aula, ma principalmente applicative presso il laboratorio informatico, grazie all'ausilio di programmi interattivi che permettono la simulazio-

ne di molti degli aspetti teorici ed applicativi oggetto del corso, nonché autoverifiche di apprendimento periodiche. Sono prevedibili anche esercitazioni guidate di laboratorio sulla caratterizzazione meccanica dei materiali, da svolgersi presso il lab. Materiali del Dip. Scienza dei Materiali ed Ingegneria Chimica.

## BIBLIOGRAFIA

- M.F. Ashby, D.R.H. Jones "Engineering Materials; an introduction to microstructures, processing and design" vol. 1 e 2; Pergamon Press (1986)  
W.D. Callister "Materials Science & engineering: an introduction", Wiley, New York (1991)  
AIMAT, Manuale di ingegneria dei Materiali, Mc Graw Hill (1996)

## ESAME

Esenero scritto in corso d'anno ed esame orale a fine anno.

PROGRAMMA

Classificazione dei materiali. Criteri di scelta: tecnici, industriali, economici e socio-economici. Il legame struttura-proprietà. Organizzazione dei solidi: solidi cristallini ed amorfi. Strutture cristalline: impaccamenti nei solidi. La differenza allo stato solido e la legge di Fick. Diagrammi di stato: sistemi a uno, due e tre componenti. Influenza del tempo sulla trasformazione di fase: diagrammi TTT e CCT. Trasformazione senza diffusione. Fenomeni di creep. Fenomeni meccanici: sollecitazioni e deformazioni. Legge di Hooke; modulo di Young. Fenomeni statici e dinamici sui materiali (trazione, compressione, flessione, prova d'urto, etc.). Concetto di resistenza meccanica. Durezza e fragilità. Elaborazione della materia e l'attitudine. Possibilità di modifica in funzione del tempo e della temperatura. Influenza di temperatura, tempo e di componenti viscosi. Viscosità e viscoplasticità. Fenomeni termici: dilatazione termica, resistenza agli shock termici.

Materiali metallici. Legge H-C. Influenza della composizione e del trattamento termico sulle proprietà tecnologiche di formatura. Classificazione ed applicazioni degli acciai. Acciai inossidabili. Leghe non ferrose. Le leghe leggere: leghe di alluminio, magnesio, titanio. Le superleghe. Tecniche di lavorazione e formatura: solidificazione rapida; metallurgia dei polveri; deposizione elettrolitica; "thin film coating"; solidificazione direzionale e monocristallina; alleanze superalloy; "diffusion bonding"; deposizione di ossidi; cerami e compositi a matrice metallica ed alle leghe intermetalliche. Sviluppo del design, della composizione e delle tecniche di formatura di parte per turbina.

I materiali ceramici: classificazione. Le polveri ceramiche. La tecnica di formatura. La sinterizzazione. Venti tecnologie di fabbricazione e proprietà. Vetrocerami. I materiali di alta tecnologia. Descrittivi di alcuni ceramici ingegneristici (alluminio, zirconia, nitruro e carburo di silicio). I rivestimenti ceramici (Thermal Barrier Coating).

I materiali polimerici. Cenni alle tecniche di polimerizzazione. Termoplastici, termoindurenti, elastomeri. Temperature di transizione vetrosa. Comportamento meccanico. Comportamento elastico e viscoelastico. Tecniche di formatura. Design dei materiali polimerici.

Materiali compositi: classificazione: tipi di rinforzi e di matrici. Fibre di vetro, aramidiche, di carbonio. Metodi di produzione e proprietà. Metodi, essenzialmente polimeriche (polimeri, polimeri epossidici, polimidici, etc.). Metodi di fabbricazione dei compositi: compositi stratificati, laminati ed a sandwich.

Cenni ai compositi ed alle interazioni con i materiali di contenimento.

## LABORATORIO E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono parzialmente di calcolo in aula, ma principalmente applicative presso il laboratorio informatico, grazie al quale gli programmi interattivi che permettono la simulazione

**C0232      ANALISI MATEMATICA II**

Vedi programma del corso di Torino

**C0622      CHIMICA II**

Vedi programma del corso di Torino

**C1902      FISICA GENERALE II**

Vedi programma del corso di Torino

**CA240      FONDAMENTI DI MECCANICA TEORICA E APPLICATA**

Vedi programma del corso di Torino

PROGRAMMI  
DELLE DISCIPLINE  
SCIENZE UMANISTICHE

Docente: **Stefano MORTARARO**  
 Periodo: **4**  
 N. crediti: **3**

### OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso si propone di fornire una preparazione giuridica di base in materia di tutela dell'ambiente, di cui, nella parte finale dedicata ai percorsi specialistici delle competenze professionali, si analizzerà poi, nelle procedure post graduate, la disciplina più attuale di settore (segnatamente, nella parte specialistica, nella disciplina del rischio industriale).

### PROGRAMMA

Notioni generali, ambiente e inquinamento. I principi costituzionali in materia ambientale. L'Unione Europea e l'Università in materia ambientale: dal recepimento delle legislazioni alla fondazione del diritto ambientale in sede comunitaria. I principi fondamentali dello sviluppo sostenibile, della prevenzione e della protezione dei beni fondamentali, del "chi inquina paga". L'assetto delle competenze tra lo Stato e il Ministero dell'Ambiente, le Regioni, gli enti locali (Province, Comuni e Comuni intercomunali); gli organismi tecnici-consulenti statali e locali.

I procedimenti amministrativi in materia ambientale: la pianificazione; le autorizzazioni (pre-approvati soggettivi e oggettivi); il procedimento; criteri e prescrizioni; le procedure di autorizzazione di settore; la Valutazione di Impatto Ambientale; il danno ambientale; l'impedimento fisico o la gestione delle risorse idriche; l'inquinamento atmosferico; la gestione dei rifiuti; l'inquinamento acustico; l'inquinamento elettromagnetico; l'inquinamento luminoso; prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento (IPPC).

La disciplina dei rischi industriali: le direttive comunitarie; la normativa interna (definitiva, attuale di recepimento evolutiva, contenuti, criteri).

### BIBLIOGRAFIA

R. Ferraro - R. Paschia - N. Olivetti Kasan, *Diritto dell'ambiente*, Liberz, Bari, 1999.

R. Ferraro - R. Lombardi, *Codice dell'Ambiente*, Cedem, Padova, 2000.

Altri testi e appunti dottrinali 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>Riccardo MONTANARO</b>
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 (pre-supposti 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

R Ferrara – R. Lombardi, *Codice dell'Ambiente*, Cedam, Padova, 2000

Altri testi e apporti 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 "pragmatica 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

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.

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

S. Stewart, *On Longing*, Londra, Duke Univ. Press

J. Clifford, *I frutti puri impazziscono*, Torino, Bollati; e dello stesso autore *Strade*, Torino, Bollati

### **MODALITÀ D'ESAME**

Sono previste prove scritte di verifica durante il corso e come prova finale.

## 01DAW ETICA AMBIENTALE

Docente:	Paolo Vineis
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 "principialismo"). 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  
R. Dworkin: *Il dominio della vita*. Edizioni di Comunità, 1994  
P. Vineis: *Nel crepuscolo della probabilità*. Einaudi Editore, 1999  
Mark Johnson: *Moral Imagination*. University Chicago Press, 1993

### 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 fornisce 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.

## 01DAY      **FILOSOFIA E SCIENZA DEL NOVECENTO**

Docente:	<b>Franca D'AGOSTINI</b>
Periodo:	4
N. crediti:	3

---

### **OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO**

Obiiettivo 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 indicati 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

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, "Oltrepassamento della metafisica", in A. Pasquinelli, *Il neoempirismo*, Utet, Torino;

K. Mulligan, "Metaphysique et ontologie", in P. Engel, *Précis de philosophie analytique*, P. U. F.

M. Heidegger, Introduzione a *Essere e tempo*, Longanesi, Milano.

### **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.

### 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.

## 01CJR SOCILOGIA DELLE COMUNICAZIONI DI MASSA B

Docente:	Chiara OTTAVIANO
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.

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.

- Letture e ricerche di qualche testo particolarmente significativo ed emblematico. Gli studenti dovranno infatti, al momento, la preparazione del testo degli interrogatori ed eventuali discussioni, essere capaci di riferire del contenuto del testo, le voci in quell'ambito, la struttura e le più importanti caratteristiche del cinquecento e dell'epoca europea.
- Il ruolo dell'industria nella rivoluzione industriale inglese e la relazione economia-terra.
- Fonti e fonti, equilibri nel piano e nei problemi presentati, i privilegi reali, l'Accademia delle Scienze di Torino, l'abbazia Casale e come "cristallo puro".
- L'industrializzazione e la società, le grandi esposizioni del ottocento.
- I grandi movimenti del XIX secolo e del movimento e i liberti: il caso americano.
- L'industrializzazione e la società, la cultura, le danze e la prima tecnologia nella due guerre mondiali.
- L'industrializzazione e la religione, il rapporto con le religioni costituite dal rinascimento ad oggi.
- Le macchine belliche, le macchine di innovazioni scientifiche.
- L'industrializzazione e la cultura, il movimento italiano.
- Letture e ricerche: il testo costituirà per le tematiche affrontate nella seconda parte del corso, come a volte di esempio, alcuni paesi delle opere di Schumpeter, qualche pratica di privilegio dell'industria e il Capanno di Maria.

## 01DAT      STORIA CONTEMPORANEA B

Docente:	Gian Carlo JOCTEAU
Periodo:	4
Crediti:	2

### 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

C. Geertz, *Mondo globale, mondi locali*, Il Mulino, Bologna, 1999

A.J.Mayer, *Il potere dell'ancien régime fino alla prima guerra mondiale*, Roma-Bari, Laterza, 1982

I.Cafagna, *Dualismo e sviluppo nella storia d'Italia*, Marsilio, Venezia, 1989

G.Tomolo, *Storia economica dell'Italia liberale, 1850-1918*. Il Mulino, Bologna, 1988

### MODALITÀ D'ESAME

La valutazione finale si baserà su una relazione scritta e su una prova orale.

Docente:	Luisa DOLZA
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 Desargues, le voci in-ge-nio-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.



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

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, caratteristiche 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.

### **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:	<b>Vittorio MARCHIS</b>
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.



## 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.
- 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.

Il corso vuole fornire agli studenti gli strumenti dell'analisi storica per indagare il ruolo della tecnologia e dell'industria nel XX secolo, in relazione ai contesti socio-culturali in cui hanno agito le loro evoluzioni. Il corso è composto da una prima parte di lezioni sui criteri interpretativi e valutativi del fenomeno specifico dello sviluppo tecnologico e industriale del XX secolo e sul ruolo di questi fattori nel processo di sviluppo. Per il primo semestre in corso viene presentato un'indagine sul ruolo della tecnologia dal 1930 sino al 1970. Il corso è articolato in due parti: la prima è dedicata alla storia della tecnica (L.M.B.T.) che può essere considerata, secondo non esclusivamente, in una prospettiva generale. Non è richiesto alcun corso precedente.

## PROGRAMMA

- Gli inizi del XX secolo: la nascita dell'automobile - il sistema industriale e il modello infografico. I grandi sistemi tecnici: elettrico, telecomunicazioni, trasporti. I limiti dello sviluppo. La rivoluzione informatica. La Big Science e i Large Systems.
- La storia della tecnica. Una storia di contesti socio-culturali.
- La storia della scienza e la storia del tecnico: la grande storia del progresso e la storia del moderno in relazione alla società industriale contemporanea. La società dell'informazione.
- Le origini dell'industria mistelata.
- L'industria bellica e l'armamento missilistico nel secondo conflitto mondiale.
- La corsa USA-Urss allo spazio.
- La conquista della Luna.
- I nuovi contesti socio-culturali 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 teoriche sono previsti seminari di approfondimento e conferenze tenute da esperti.

Laboratori:  
 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 vengono in relazione scritte delle brevi relazioni preparate per la valutazione finale.

## BIBLIOGRAFIA

- L. E. Breglio, *L'origine della società dell'informazione. La rivoluzione del controllo*, (Utet), Libano, 1992.  
 A. D. Chandler jr., *Dissemination e diversificazione. La dinamica del capitalismo industriale*, (Il Mulino), Bologna, 1991.  
 D. Harvey, *La crisi della modernità*, (Il Saggiatore), Milano, 1993.  
 V. Macher, *Wissenschaft von Raum*, (Le Scienze), Milano, 2000.  
 V. Marchisio (a cura di), *Storia delle scienze. Vol V. Conoscenza scientifica e trattamento tecnologico*, (Emmebi), Torino, 1987.

## 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
- Pianificazione
- Stesura
- Revisione
- I testi tecnico-scientifici: principi di technical writing
- Aspetti di pianificazione
- La relazione comunicativa
- Scelte standard
- Aspetti linguistici
- I linguaggio effettivi
- Strutture sintattiche
- Elementi di coesione
- Convenzioni
- Uso delle risorse tipografiche
- Simboli
- Illustrazioni