POLITECNICO
DI TORINO

INGEGNERIA CHIMICA

Guida
ai programmi
dei corsi
1998/99

LE GUIDE AI PROGRAMMI DEI CORSI DI LAUREA IN INGEGNERIA

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

Nel 1998/99 sono attivati a Torino tredici *corsi di laurea* (elenco alla pagina a fronte). Per permettere l'approfondimento di competenze metodologiche e di tecniche progettuali realizzative e di gestione in particolari campi, i corsi di laurea possono essere articolati in indirizzi ed orientamenti. Dell'*indirizzo* eventualmente seguito viene fatta menzione nel certificato di laurea, mentre gli *orientamenti* corrispondono a differenziazioni culturali, di cui invece non si fa menzione nel certificato di laurea; gli orientamenti vengono definiti annualmente dai competenti *Consigli dei corsi di laurea*, e ne viene data informazione ufficiale mediante il *Manifesto degli studi*. Nelle pagine di queste *Guide*, di ciascun corso di laurea viene data una breve descrizione, e viene illustrato il programma di attuazione degli orientamenti previsti per ogni indirizzo.

GLI INSEGNAMENTI

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

Ogni corso di laurea corrisponde a 29 annualità complessive, ripartite, in ognuno dei cinque anni di corso, su due *periodi didattici* (detti anche impropriamente semestri); ogni Periodo didattico è di durata pari ad almeno 13 settimane effettive di attività. Un'altra novità introdotta già dal DPR 20 maggio 19892 è costituita dal fatto che non sono prescritti specifici insegnamenti (almeno a livello nazionale) per il conseguimento della laurea in un determinato corso di laurea in Ingegneria, ma sono prescritti i numeri minimi di unità didattiche da scegliere in determinati raggruppamenti disciplinari consistenti in *gruppi*3 di discipline affini.
Ogni Consiglio di corso di laurea può adeguare annualmente il piano degli studi alle nuove esigenze richieste dal rapido evolversi delle conoscenze e degli sviluppi tecnologici. Perciò ogni anno i vari Consigli dei corsi di laurea stabiliscono gli insegnamenti ufficiali, obbligatori e non obbligatori, che costituiscono le singole annualità, e le norme per l'inserimento degli insegnamenti non obbligatori, eventualmente organizzati in orientamenti.

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

[1] Decreto Ministeriale del 22.05.1995, pubblicato sulla Gazzetta ufficiale n. 166 del 18.07.1995.
[2] Pubblicato sulla Gazzetta ufficiale n. 186 del 10.08.1989.
[3] Questi gruppi coincidono con quelli dei raggruppamenti concorsuali per i professori universitari.

FINALITÀ E ORGANIZZAZIONE DIDATTICA DEI VARI CORSI DI LAUREA

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

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

– alcuni corsi di laurea introducono già al terzo anno una scelta di corsi di indirizzo o di orientamento, che richiedono la formulazione di un'opzione fra le scelte segnalate: tali opzioni vanno esercitate all'atto dell'iscrizione;

– in relazione a talune difficoltà, che possono verificarsi all'atto dell'accorpamento di taluni CL per le discipline di carattere propedeutico (del primo e secondo anno), non è assicurata la corrispondenza dei docenti indicati con gli effettivi titolari di dette discipline. In alcuni casi, non essendo noto al momento della stampa delle *Guide*, il nome del docente è stato lasciato indeterminato ("Docente da nominare").

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.

QUADRO DIDATTICO DEGLI INSEGNAMENTI OBBLIGATORI

Anno	*1° periodo didattico*		*2° periodo didattico*	
1	C0231	Analisi matematica I	C2300	Geometria
	C0621	Chimica I	C1901	Fisica generale I
			C2170	Fondamenti di informatica
2	C0232	Analisi matematica II	CA240	Fondamenti di meccanica teorica applicata
	C1902	Fisica generale II	C3040	Istituzioni di Economia
	C0622	Chimica II	C0290	Applicazioni industriali Elettriche
3	C5970	Termodinamica dell'ingegneria chimica	C7291	Fenomeni di trasporto I
	C4600	Scienza delle costruzioni	C5570	Tecnologia dei materiali e chimica applicata
	C0510	Calcolo numerico	C0661	Chimica industriale I
4	C3990	Principi di ingegneria chimica	C2601	Impianti chimici I
	C3110	Macchine	C0940	Costruzione di macchine
	W		C5850	Teoria dello sviluppo dei processi chimici
5	C2602	Impianti chimici II	X	
	C0665	Chimica industriale II / Sicurezza e protez. amb. nei processi chimici (i)	Y	
	T		Z	

(i) Corso integrato.

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

INSEGNAMENTI DI ORIENTAMENTO

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

Orientamento Progettazione e Sviluppo

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

W	1	**C4050**	Processi di produzione di materiali macromolecolari
		oppure	
		C4030	Processi biologici industriali
T	1	**CA400**	Elettrochimica applicata
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	
		C5700	Tecnologie industriali (tessili)
		oppure	
		C4500	Reologia dei sistemi omogenei ed eterogenei

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

Orientamento Impiantistico Ambientale

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	
	2	**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

W	1	**C4630**	Scienza e tecnologia dei materiali ceramici
		oppure	
		CA400	Elettrochimica applicata
T	1	**C4780**	Siderurgia

oppure

C4050 Processi di produzione di materiali macromolecolari

oppure

E4640 Scienza e tecnologia dei materiali compositi

X 2 **C3420** Metallurgia

Y 2 **C3430** Metallurgia fisica

oppure

C4500 Reologia dei sistemi omogenei ed eterogenei

Z 2 **C0910** Corrosione e protezione dei materiali metallici (*)

oppure

C5710 Tecnologie metallurgiche

oppure

E4682 Scienza e tecnologia dei materiali polimerici II (*)

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

Orientamento Biotecnologico ed Alimentare

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 (*)

oppure

C1300 Dinamica e controllo dei processi chimici

oppure

C4500 Reologia dei sistemi omogenei ed eterogenei

oppure

C2662 Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti II

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

Orientamento Sicurezza ed Analisi dei rischi

W 1 **H5450** Tecnica della sicurezza elettrica

T 1 **RA210** Sicurezza del lavoro e difesa ambientale

X 2 **C5440** Tecnica della sicurezza ambientale

Y 2 **C0910** Corrosione e protezione dei materiali metallici

oppure

2 **M3500** Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici (*)

oppure

H3770 Modelli per l'organizzazione e la gestione dei sistemi (*)

oppure

RA160 Ingegneria della sicurezza antincendio (*)

Z 2 **MA460** Metodi e modelli per il supporto alle decisioni (*)

oppure

R1360 Disciplina giuridica delle attività tecnico-ingegneristiche (*)

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

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.

IV	1	**C0665**	Chimica industriale II/Sicurezza e protezione ambientale nei processi chimici (i) *da seguire nel I periodo didattico del IV anno in sostituzione della possibilità W che passa al I periodo didattico del V anno*
V	1	**C0650**	Chimica fisica applicata (industria cartaria) (sostituisce C2602 Impianti chimici II)
V	1	**C4082**	Processi industriali della chimica fine II (industria cartaria)
V	1	**CA711**	Tecnologie di chimica applicata I (industria cartaria)
V	2	**CA712**	Tecnologie di chimica applicata II (industria cartaria)
V	2	**C9861**	Tecnologie chimiche speciali I (industria cartaria)
V	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.
Lo studente, tranne che per l'orientamento Industria Cartaria, ha la possibilità di sostituire una delle annualità indicate con (*) nelle precedenti tabelle con un'altra appartenente alla TABELLA H che segue.

Tabella H

1	**UM001**	Metodologia delle scienze naturali (Il metodo scientifico)
1	**UM002**	Propedeutica filosofica
1	**UM004**	Sociologia delle comunicazioni di massa
1	**UM006**	Storia della tecnica
2	**UM003**	Sociologia del lavoro
2	**UM007**	Teoria dei linguaggi
2	**UM009**	Economia dell'ambiente (°)
2	**UM010**	Metodologia e tecnica della ricerca sociale (°)
2	**UM011**	Storia dell'arte contemporanea (°)
2	**UM012**	Lingua italiana con esercitazioni di retorica stilistica
2	**UM013**	Concetto di simmetria dall'antichità ad oggi
2	**UM005**	Storia della filosofia contemporanea/Estetica

(°) Insegnamenti della facoltà di Architettura

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 ed entro le date sotto riportate:

SESSIONE DI LAUREA		SCADENZA FOGLIO GIALLO	
1° Sessione 98/99	turno unico	febbraio 1999	4 settembre 1998
2° Sessione 98/99	1° turno	maggio 1999	13 novembre 1998
	2° turno	luglio 1999	15 gennaio 1999
3° Sessione 98/99	1° turno	ottobre 1999	16 aprile 1999
	2° turno	dicembre 1999	11 giugno 1999

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI OBBLIGATORI

C0231 ANALISI MATEMATICA 1

Anno: 1 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 6 esercitazioni: 4 (ore settimanali)
Docente: **Luisella CAIRE**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

- Introduzione al linguaggio matematico. Inquadramento insiemistico di relazioni e funzioni. Numeri cardinali. Principio di induzione. Concetti di calcolo combinatorio. Insiemi numerici, in particolare numeri reali. Proprietà qualitative delle funzioni reali di variabile reale. [12 ore]
- Continuità in un punto e teoremi sulle funzioni continue; limiti e teoremi sui limiti; limiti di funzioni monotone. Confronto tra funzioni; infiniti e infinitesimi. Asintoti rettilinei. [16 ore]
- Successioni; Teorema di Bolzano–Weierstrass; funzione esponenziale. [6 ore]
- Proprietà globali delle funzioni continue: teorema degli zeri e applicazioni; continuità della funzione inversa. Teorema di Weierstrass; continuità uniforme. [6 ore]
- Derivata e differenziale; regole di derivazione; applicazioni allo studio della monotonia e degli estremi. [6 ore]
- Teoremi di Rolle e Lagrange, con applicazioni. Polinomi di Taylor: teoremi sul resto e applicazioni. Calcolo di polinomi di Taylor. Applicazione allo studio della convessità in un punto e dei flessi. Concetti sulla convessità su un intervallo. [12 ore]
- Primitive (integrale indefinito) per funzioni continue a tratti. Regole di integrazione. [6 ore]
- Integrale definito (di Riemann); classi di funzioni integrabili; media integrale; proprietà algebriche e disequazioni relative all'integrale definito. Funzione integrale: proprietà e teorema fondamentale del calcolo integrale. [6 ore]
- Integrali impropri e criteri di convergenza. [6 ore]
- Equazioni differenziali a variabili separabili, equazioni differenziali lineari del primo e secondo ordine. [4 ore]

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

A. Bacciotti, F. Ricci, *Analisi matematica 1*, Liguori (primo e secondo corso).
C.D. Pagani, S. Salsa, *Analisi matematica. Vol. 1*, Masson (terzo corso).

Testi ausiliari:

P. Boieri, G. Chiti, *Precorso di matematica*, Zanichelli.
A. Tabacco, D. Giublesi, *Temi svolti di Analisi matematica 1*, Levrotto & Bella.

ESAME

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

C0232 ANALISI MATEMATICA 2

Anno: 2 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 6 esercitazioni: 4 (ore settimanali)
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.

C0290 APPLICAZIONI INDUSTRIALI ELETTRICHE

Anno: 2 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 70 esercitazioni: 20 laboratori: 10 (nell'intero periodo)
Docente: **Gaetano PESSINA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso propone la conoscenza degli aspetti tecnici attinenti l'utilizzo industriale dell'energia elettrica, sia in generale che, per quanto possibile, riferito a settori di più diretto interesse per l'ingegneria chimica; esso è reso autonomo da una preventiva esposizione dei fondamenti scientifici, vertendo nel suo complesso sull'elettrotecnica generale e sull'elettromeccanica e impiantistica elettrica (rispettivamente per 1/3 e per 2/3 del corso).

PROGRAMMA

- Grandezze elettriche e relative unità di misura.
- Materiali conduttori e semiconduttori.
- Circuiti in regime stazionario. Campi elettrostatico, di corrente, magnetico.
- Materiali isolanti, materiali magnetici.
- Generatori di tipo non dinamoelettrico.
- Capacità, induttanza; fenomeni transitori, richiamo sui fondamenti della regolazione. Circuiti in regime sinusoidale; metodo simbolico; potenze in regime sinusoidale. Generalità sui sistemi trifasi.
- Misura di grandezze elettriche e relative strumentazione.
- Trasformazioni di energia nelle macchine elettriche.
- Trasformatori: principi di funzionamento, problemi della distribuzione e dell'impiego locale; parallelo; informazioni costruttive, di installazione e conduzione.
- Motori asincroni trifasi: impiego a frequenza costante; rifasamento; motori monofasi. Impiego a velocità variabile con *inverter*. Informazioni costruttive, di installazione e conduzione; costruzioni antideflagranti.
- Generatori e motori sincroni.
- Motori a *cc*; ruolo e implicazioni della commutazione; tipi di eccitazione e regolazioni; alimentazioni statiche; informazioni costruttive, di installazione e conduzione.
- Convertitori elettronici di potenza.
- Notizie su evoluzioni in corso nell'elettromeccanica industriale.
- Normativa e unificazione.
- Linee di distribuzione. Cabine industriali. Interruttori, apparecchi di protezione.
- Criteri e prescrizioni di sicurezza elettrica; normativa impiantistica.
- Controlli e misure sulle macchine e sugli impianti.
- Criteri attuali di governo di processi industriali.

BIBLIOGRAFIA

Fiorio, Gorini, Meo, *Appunti di elettrotecnica*, Levrotto & Bella.
Civalleri, *Elettrotecnica*, Levrotto & Bella.
Bossi, Sesto, *Impianti elettrici*, Hoepli.

C0510 CALCOLO NUMERICO

Anno: 3 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 6 esercitazioni: 2 (ore settimanali)
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, stabilita' 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 stabilita' 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 ED 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

C0621 CHIMICA 1

Anno: **I** Periodo: **I**
Impegno (ore): lezioni: esercitazioni: **78** laboratori: **26** (nell'intero periodo)
Docente: **Aldo PRIOLA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

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

PROGRAMMA

La struttura dell'atomo e i legami chimici (14 ore).
Le leggi fondamentali della chimica. La struttura dell'atomo. Comportamento chimico degli elementi, tavola periodica. Legami chimici: ibridizzazione; valenza. Significato quantitativo delle formule e principali tipi di reazioni.
Lo stato gassoso (6 ore)
Leggi fondamentali dei gas ideali e reali. Vengono confrontati due approcci differenti allo studio del comportamento della materia: quello sperimentale e quello teorico (teoria cinetica dei gas).
Lo stato liquido e le soluzioni. (4 ore)
Proprietà dei liquidi e delle soluzioni. Modi di esprimere la concentrazione delle soluzioni. Proprietà colligative: pressione osmotica, conducibilità elettrica, ebulloscopia e crioscopia.
Stato solido (6 ore)
I reticoli cristallini di Bravais. Il legame chimico nei solidi e le loro proprietà. Principali difetti reticolari. Diffrazione di raggi X. Diagrammi di stato e regola delle fasi.
Termochimica (7 ore)
Primo e secondo principio della termodinamica. Tonalità termica delle reazioni chimiche e grandezze termodinamiche (entalpia, energia interna, lavoro). Entropia, energia libera e spontaneità delle trasformazioni chimiche e fisiche. Legge di Hess.
Cinetica (5 ore)
Fattori che influenzano la velocità di reazione. Ordine di reazione e molecolarità. Energia di attivazione. Aspetti cinetici e termodinamici nei processi chimici.
Equilibrio chimico (8 ore)
La legge dell'azione di massa dedotta da considerazioni cinetiche. Principio di Le Chatelier. Equilibri in fase omogenea ed eterogenea. Equilibri in soluzione: dissociazione di acidi e basi (pH), idrolisi, soluzioni tampone.
Elettrochimica (7 ore)
I potenziali standard di riduzione: equazione di Nernst. Spontaneità delle reazioni di ossidoriduzione. Pile e celle elettrolitiche.
Chimica organica (10 ore)
Idrocarburi saturi, insaturi e aromatici. Gruppi funzionali. Nomenclatura, struttura e reazioni chimiche dei composti organici. Reazioni di polimerizzazione.
Chimica descrittiva (10 ore)
In questa parte del corso sono esaminate le caratteristiche comuni agli elementi di ciascun

gruppo della tavola periodica. Alcuni elementi (H, O, Na, Al, C, N, S, Cl, Fe) sono trattati in modo più dettagliato, con riferimento ad alcuni processi industriali di preparazione.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

- C. Brisi, V. Cirilli, *Chimica generale e inorganica*, Levrotto & Bella, Torino
- C. Brisi, *Esercizi di Chimica*, Levrotto & Bella, Torino
- R. Michelin, A. Munari, *Fondamenti di Chimica per l'Ingegneria*, Cedam, Padova

ESAME

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

ESAME

L'esame consiste in una prova orale relativa a tutto il programma del corso.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Sono previste sia esercitazioni in aula con esemplificazioni e applicazioni di calcolo sugli argomenti di lezione sia esercitazioni sperimentali di laboratorio con squadre a numero limitato di allievi. Si effettueranno visite ad impianti di trasformazione di materie plastiche e a laboratori di ricerca in settori specialistici dei materiali polimerici.

C0622 CHIMICA 2
(Corso ridotto)

Anno: 2 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 6 esercitazioni: 2 laboratori: 3 (ore settimanali);
Docente: **Franco FERRERO**

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:
1) *la chimica organica*, 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);
2) *la chimica degli equilibri in soluzione* (acido-base, redox, complessazione, solubilità), sviluppata nei suoi aspetti quantitativi ed analitici;
3) *i principi dell'analisi strumentale* (metodi elettrochimici, spettrofotometrici e cromatografici).
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 pertanto in 4 moduli didattici (chimica organica, equilibri in soluzione, analisi strumentale, laboratorio).

REQUISITI

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

PROGRAMMA

1) *Chimica Organica*
Struttura e proprieta' delle molecole organiche: Caratteristiche dei vari tipi di legame, relazioni tra struttura e proprietà, orbitali molecolari, ibridazione, risonanza. Isomeria strutturale. Stereoisomeria. Chiralità molecolare e attività ottica. Configurazione del carbonio chirale. Diastereomeri. Risoluzione delle miscele racemiche. Reazioni dei composti chirali. [8 ore]
Alcani: nomenclatura, isomeri, isomeri conformazionali, proprietà fisiche, fonti, metodi di preparazione, reazioni. Alogenazione radicalica. Cicloalcani. [6 ore]
Alcheni: nomenclatura, isomeria geometrica, stabilità, proprietà fisiche, fonti, metodi di preparazione, reazioni di eliminazione, carbocationi. Idrogenazione e reazioni di addizione elettrofila. Ossidrilazione ed epossidazione, scissione ossidativa, ossosintesi. Alogenazione per sostituzione radicalica, radicale allilico. Dieni: struttura e stabilità, reazioni di addizione, carbocatione allilico. Polimerizzazione per addizione di insaturi vinilici e dieni. Caratteristiche di polimeri ed elastomeri. [9 ore]
Alchini: acetilene, struttura e proprietà, 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 benzilico. Idrocarburi aromatici polinucleari. [6 ore]
Alogenoderivati: struttura, proprietà fisiche, metodi di preparazione. Reazioni di sostituzione nucleofila alchilica: meccanismi SN2 e SN1, stereochimica, reattività, nucleofilia e basicità rea-

genti. Reazioni di eliminazione E2 e E1, competitività con SN, fattori influenti. Alogenuri arilici e reazioni di SN arilica. Reazioni degli alogenuri di alchilmagnesio. [3 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 e reazioni similari. Carboidrati: struttura, monosaccaridi, di e polisaccaridi principali. [4 ore]
Acidi carbossilici: nomenclatura, tipi, proprietà fisiche, metodi di preparazione, acidità e reazioni tipiche. Derivati degli acidi e reazioni di sostituzione nucleofila acilica. Esteri: reazioni di preparazione e sostituzione. Poliammidi e poliesteri. [3 ore]
Ammine: nomenclatura, struttura, tipi, proprietà fisiche, metodi di preparazione, basicità e reazioni tipiche, metodi di preparazione. Sali di diazonio: reazioni di sostituzione e di copulazione. Amminoacidi e proteine. [3 ore]
2) *Equilibri ionici in soluzione*
Concetti fondamentali: Aspetti cinetici e termodinamici, costante stechiometrica e termodinamica, fattori influenti sull'equilibrio, 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. Curve di titolazione e indicatori acido-base.. Equilibri acidi e basi polifunzionali, anfoliti, curve di titolazione. Miscele acido debole-base debole. [6 ore]
Equilibri di ossido-riduzione: Reazioni di ossido-riduzione, reazioni elettrodiche, celle elettrochimiche. Potenziali elettrodici, equazione di Nernst, potenziali standard, potenziali di cella. Calcolo di costanti di equilibrio, potenziali formali, diagrammi E/pH. Curve di titolazione, calcolo di potenziali al punto di equivalenza, indicatori. [6 ore]
Equilibri di complessazione: formazione di composti di coordinazione, leganti, chelanti. Complessi con EDTA, curve di titolazione e indicatori. [3 ore]
Equilibri di solubilita': solubilità e prodotto di solubilità, ione comune e precipitazione frazionata. Titolazioni di precipitazione e curve di titolazione. Equilibri di solubilità in relazione ad altri tipi di equilibri. Solubilità idrossidi, precipitazione e dissoluzione di solfuri. [3 ore]
Valutazione dei dati analitici: precisione ed accuratezza, errori sistematici e casuali, trattamento statistico, intervallo di confidenza, scarto dati, propagazione dell'errore, cifre significative. [2 ore]
3) *Analisi strumentale*
Metodi elettrochimici: Pile di concentrazione, elettrodi di riferimento ed elettrodi indicatori, elettrodo a vetro per la misura del pH, elettrodi ionospecifici, titolazioni potenziometriche. Conduttometria. Altri metodi elettrochimici. [4 ore]
Metodi spettrofotometrici: Interazioni tra materia e radiazioni elettromagnetiche. Emissione, assorbimento, fluorescenza. 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]

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Problemi di chimica organica. [4 ore]
Calcoli di pH per soluzioni di acidi e basi deboli, soluzioni tampone. [2 ore]
Calcoli di pH per soluzioni di acidi e basi polifunzionali, anfoliti e simili. [2 ore]
Calcoli su equilibri di ossido-riduzione. Problemi di volumetria di ossido-riduzione. [2 ore]
Calcoli su equilibri di solubilità e sulla precipitazione frazionata. [2 ore]
Calcoli su equilibri di solubilità in relazione ad altri equilibri. [2 ore]

Le esercitazioni in laboratorio 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. Dei giudizi su tali relazioni 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. [6 ore]
Titolazioni potenziometriche redox e di precipitazione. [3 ore]
Separazione di ioni con resine scambiatrici e titolazioni complessometriche con EDTA. [3 ore]
Determinazioni spettrofotometriche nell'UV-VIS. [3 ore]
Determinazioni gascromatografiche di miscele di sostanze organiche. [3 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:
C. Di Bello, *Principi di Chimica Organica*, Decibel-Zanichelli, Padova, 1993.
D.A. Skoog, D.M. West, F.J. Holler, *Chimica Analitica.Una introduzione*. EdiSES, Napoli, 1996.
F. Ferrero, M.P. Gaglia Prati, *Chimica II: Lezioni ed esercizi (dispense)*.
Testi ausiliari:
J. McMurry, *Fondamenti di chimica organica*, Zanichelli, Bologna, 1990.
G. Saini, E. Mentasti, *Fondamenti di Chimica Analitica: Equilibri ionici e volumetria*, Utet, Torino, 1993.
D.C. Harris, *Chimica Analitica Quantitativa*, Zanichelli, Bologna, 1991.
P. Michelin Lausarot, G.A. Vaglio, *Fondamenti di stechiometria*, Piccin, Padova, 1988.

ESAME

L'esame consta di due prove scritte, ripetute ogni appello, relative ai moduli didattici di chimica organica ed equilibri in soluzione, 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 del laboratorio si tiene conto nella valutazione finale. Qualora una prova scritta si concluda con esito insoddisfacente può essere ripetuta nell'appello successivo, mentre l'orale deve essere sostenuto entro il termine della sessione in cui si sono sostenute le prove scritte.

C0661 CHIMICA INDUSTRIALE 1

Anno: 3 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 70 esercitazioni: 28 (nell'intero periodo)
Docente: **Giovanni Battista SARACCO** (collab.: Maurizio Onofrio)

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]
Fabbisogni idrici 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, nitrazione, 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.

C0665 CHIMICA INDUSTRIALE 2/SICUREZZA E PROTEZIONE AMBIENTALE DEI PROCESSI CHIMICI

(Corso integrato)

Anno: 5 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 78 esercitazioni: 30 laboratori: 8 (nell'intero periodo)
Docente: **Norberto PICCININI** (collab.: Italo Mazzarino, Guido Sassi)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Attraverso la descrizione ragionata dei principali processi industriali il corso si propone di fornire un quadro attuale delle linee di sviluppo dell'industria chimica. I processi scelti sono esaminati con l'intento di evidenziare come la disponibilità di materie prime, i fattori chimico-fisici e tecnologici, i criteri di sicurezza e l'impatto ambientale contribuiscano alla scelta ed influenzino i processi stessi e le scelte industriali.

REQUISITI

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

SICUREZZA AMBIENTALE NEI PROCESSI CHIMICI

PROGRAMMA

Incidenti e rischi nell'industria chimica
Evoluzione degli incidenti nelle attività industriali. Pericolosità di prodotti e di reazioni chimiche: Tossicità delle sostanze chimiche [6 ore].
Gas, Vapori e polveri a rischio di esplosione (Tipologia delle reazioni di ossidazione ed esplosive. Infiammabilità dei liquidi. Processi di inertizzazione) [6 ore].
Combustione dei solidi (Dinamica di un incendio, tossicità dei prodotti di combustione, ecc. [2 ore].
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.

CHIMICA INDUSTRIALE 2

PROGRAMMA

Parte generale [2 ore]
Scelte e criteri per la realizzazione dei processi chimici.
Parte speciale [10 ore]
Liquefazione e frazionamento dell'aria: produzione di ossigeno ed azoto. Produzione di idrogeno e di gas di sintesi (idrogeno per via elettrolitica e da idrocarburi, conversione dell'ossido di carbonio, purificazione dei gas di sintesi).
Processi produttivi [33 ore]
Ammoniaca. Acido nitrico. Zolfo ed acido solforico. Carbonato sodico. Cloro-soda. Acido cloridrico. Fosforo ed acido fosforico. Biossido di titanio. Produzione di fertilizzanti: azotati; fosfatici; potassici e complessi. Lavorazione del petrolio e suoi derivati. Il gas naturale. Elastomeri (gomma).

BIBLIOGRAFIA

Parte del materiale didattico sarà messo a disposizione durante il corso.
1. Pasquon, *Chimica industriale 1*, CLUP, Milano.
2. Berti [et al.], *Processi petroliferi e petrolchimici*, D'Anna, Firenze.

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.

C0940 COSTRUZIONE DI MACCHINE

Anno: 4 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 6 esercitazioni: 4 (ore settimanali)
Docente: **Giovanni ROCCATI** (collab.: Luca Goglio)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso intende fornire agli allievi gli elementi necessari per il calcolo e la verifica degli elementi meccanici e delle strutture degli impianti chimici nonché i concetti fondamentali sull'analisi matriciale ed un cenno sui calcoli strutturali agli elementi finiti. Una parte del corso è dedicata ad argomenti più descrittivi, consistenti nell'illustrazione delle forme costruttive di recipienti in pressione, tubazioni ed altro macchinario per l'industria chimica, con informazioni sulla rappresentazione in forma grafica in proiezioni ortogonali, con viste e sezioni, sui sistemi di collegamento, sulle tolleranze e sui criteri di quotatura e sulla designazione dei materiali.

REQUISITI

È necessaria la conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Scienza delle Costruzioni ed Elementi di meccanica teorica ed applicata.

PROGRAMMA

Richiami su: tensore delle sollecitazioni, tensore delle deformazioni; direzioni, tensioni, dilatazioni principali; relazioni di elasticità; ipotesi di tensione ideale [6 ore].
Fatica ed effetto di intaglio, legge del danno cumulativo, criteri di verifica dei cuscinetti a rotolamento [6 ore].
Recipienti a parete sottile (gusci) in stato di tensione membranale [4 ore].
Stato di sollecitazione piana assialsimmetrica, tubi spessi e collegamenti forzati [4 ore].
Piastre circolari inflesse caricate assialsimmetricamente [4 ore].
Effetti di bordo e sollecitazioni flessionali nei gusci sottili [4 ore].
Calcolo statico ed a fatica di collegamenti saldati e mediante bulloni [6 ore].
Meccanica della frattura, prove non distruttive ed estensimetria [8 ore].
Analisi matriciale delle strutture ed informazioni sui metodi di calcolo strutturale agli elementi finiti [12 ore].
Informazioni generali sulla rappresentazione grafica di recipienti in pressione, caldarerie, tubazioni ed elementi meccanici mediante viste e sezioni in proiezioni ortogonali, e cenni sulle assonometrie [8 ore].
Collegamenti fissi con chiodature e saldature, smontabili mediante elementi filettati [3 ore].
Tipi di cuscinetti volventi e loro montaggio [2 ore].
Tolleranze dimensionali ed accoppiamenti con interferenza o con gioco, tolleranze di forma [3 ore].
Designazione convenzionale dei materiali [2 ore].

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI (48 ORE)

Esercizi sui singoli argomenti indicati nel programma delle lezioni [26 ore].
Redazione relazione di verifica di un recipiente in pressione secondo norme ISPSL [8 ore].
Esercitazioni di laboratorio su estensimetria e prove non distruttive [2 ore].
Schizzi di elementi meccanici, tubazioni e recipienti in pressione [12 ore].

BIBLIOGRAFIA

Appunti predisposti dal docente ed appunti dalle lezioni;
TESTI AUSILIARI
O. BELLUZZI, "Scienza delle Costruzioni", Zanichelli, Bologna, 1984;
Manuali vari di Disegno Tecnico

ESAME

– una prima parte, consistente nella esecuzione di alcuni esercizi relativi a calcoli di verifica o semplice progetto di elementi meccanici o strutturali, ed una prova grafica (schizzo in proiezioni quotate, nota l'assonometria, ovvero estrazione e quotatura di un particolare, ricavandolo da un disegno complessivo assegnato); il tempo a disposizione sarà normalmente di 4 ore (3/1);

– una seconda parte, consistente in un colloquio sui vari argomenti illustrati nel corso.

La valutazione finale sarà stabilita tenendo conto anche degli elaborati di esercitazione eseguiti durante la frequenza del corso, che dovranno essere presentati dall'allievo alla commissione esaminatrice durante la prova orale.

C7291 FENOMENI DI TRASPORTO I

Anno: 3 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni: 48 laboratori: 4 (nell'intero periodo)
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 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.

C1901 FISICA GENERALE 1

Anno: 1 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 6 esercitazioni: 2 (ore settimanali)
Docente: **Elio MIRALDI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Misure

Grandezze fisiche. Misurazioni. Grandezze fondamentali e derivate.
Equazioni dimensionali. Sistemi di misura e unità. Errori di misura.
Propagazione degli errori. Cenni di teoria dell'errore e metodo dei minimi quadrati.

Meccanica del punto

Vettori e scalari. Componenti. Vettori unitari. Cenni di calcolo vettoriale.
Moto rettilineo: posizione, velocità e accelerazione. Caduta libera.
Moti piani: posizione, velocità e accelerazione. Moto circolare uniforme.
Moto dei proiettili. moti relativi: velocità e accelerazione relative. Sistemi inerziali. Forza e massa. Leggi di Newton. Applicazioni. Forze di attrito (radente e viscoso). Moto circolare uniforme. Lavoro di una forza costante e di una forza variabile. Lavoro di una forza elastica. Energia cinetica e teorema dell'energia cinetica. Potenza. principio di equivalenza. Lavoro ed energia potenziale. Forze conservative e non conservative. Teorema di conservazione dell'energia meccanica. Conservazione dell'energia per un sistema di particelle.

Meccanica dei sistemi

Centro di massa. Quantità di moto di una particella e di un sistema di particelle. Conservazione della quantità di moto. Sistemi a massa variabile. Impulso e quantità di moto. Urti elastici e anelastici in una dimensione.
Cenni agli urti in due dimensioni. Sistema di riferimento del centro di massa. Moto rotatorio. Variabili rotazionali. Energia cinetica di rotazione.
Momento d'inerzia. Momento di una forza. Dinamica rotazionale del corpo rigido.
Rotolamento. Momento angolare. Seconda legge di Newton in forma angolare. Momento angolare di un sistema di particelle e di un corpo rigido in rotazione attorno a un asse fisso. Conservazione del momento angolare ed esempi. Centro di gravità. Equilibrio statico. Condizioni di equilibrio ed esempi.

Oscillazioni meccaniche

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

Fluidi

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

Gravitazione
Legge della gravitazione universale. Energia potenziale gravitazionale. Campo e potenziale gravitazionale. Leggi di Keplero.
Elettrostatica
Legge di Coulomb. Conservazione della carica. Campo elettrico. Linee di forza. Campo elettrico di: una carica puntiforme; un dipolo elettrico; una distribuzione lineare di carica; un disco carico. Carica puntiforme e dipolo in un campo elettrico. Flusso del campo elettrico. Legge di Gauss. Conduttore carico isolato. Applicazioni della legge di Gauss. Energia potenziale elettrica. Potenziale elettrico. Campo elettrico e potenziale. Potenziale di: una carica puntiforme; un insieme di cariche puntiformi, un dipolo elettrico; una distribuzione continua di cariche. Superfici equipotenziali. Condensatori. Capacità elettrica. Calcolo della capacità. Condensatori in serie e in parallelo. Energia immagazzinata in un campo elettrico.
Ottica geometrica
Riflessione e rifrazione della luce. Specchi piani e sferici. Superfici rifrangenti sferiche. Lenti sottili.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Impostazione, risoluzione e commento di semplici problemi di fisica relativi a tutti i principali argomenti trattati nelle lezioni.
I laboratori verteranno su:
1. Misurazione di spostamenti, velocità e accelerazione di gravità per un corpo in caduta libera.
2. Misurazione del Periodo di oscillazione del pendolo semplice in funzione della lunghezza del filo e dell'ampiezza di oscillazione.
3. Misurazione dell'indice di rifrazione del vetro con il metodo del prisma in condizione di deviazione minima.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:
R. Resnick, D. Halliday, D.S. Krane, *Fisica 1*, 4. ed., Ambrosiana, Milano, 1993.
D. Halliday, R. Resnick, D.S. Krane, *Fisica 2*, 4. ed., Ambrosiana, Milano, 1994 (solo per l'elettrostatica e l'ottica geometrica).
Testo ausiliario:
G. Lovera, B. Minetti, A. Pasquarelli, *Appunti di Fisica 1*, Levrotto & Bella, Torino, 1977.

ESAME

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

C1902 FISICA GENERALE 2

Anno: 2 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 6 esercitazioni: 2 laboratori: 2 (ore settimanali)
Docente: **Laura TROSSI** (collab.: Elena Tresso)

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 micoscopica: 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 transitori 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 fotodiodo);
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.
R. Resnick, D. Halliday, *Fisica I*, Ed. Ambrosiana, Milano (per la parte di termodinamica).

Testi ausiliari:

Halliday, Resnick, Krane, *Fisica II*, Ed. Ambrosiana, Milano.
Amaldi, Bizzarri, Pizzella, *Fisica generale*, Zanichelli.

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.

C2170 FONDAMENTI DI INFORMATICA

Anno: 1 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 6 esercitazioni: 2 laboratori: 2 (ore settimanali)
Docente: **Enrico MACII**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

- Cenni storici [2 ore]

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

- Codifica dell'informazione [10 ore]

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

- Logica booleana [4 ore]

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

- Tecnologia elettronica [4 ore]

transistori, porte logiche, circuiti combinatori, flip-flop, circuiti sequenziali, registri; tecnologie elettroniche (MOS, bipolari, circuiti integrati)

- Architettura degli elaboratori elettronici [8 ore]

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

- Il software [4 ore]

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

- Il sistema operativo ms-dos [4 ore]

organizzazione interna, interfaccia utente, file di comandi, istruzioni di configurazione.

- Strumenti di produttività individuale [8 ore]

elaborazione di testi e tabelle in formato elettronico; database

- Il linguaggio c [20 ore]

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

- Telematica [12 ore]

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

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni verteranno su:

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

L'attività di laboratorio riguarderà:

- uso dei Personal Computer MS-DOS [4 ore]
- programmazione in linguaggio C [14 ore]
- uso di strumenti di produttività individuale [4 ore]
- uso di strumenti per la navigazione in rete [2 ore]

BIBLIOGRAFIA

A.Lioy, "*Fondamenti di Informatica - quaderno di testo*", Politeko
P.Tosoratti, G.Collinassi, "*Introduzione all'informatica*", Ambrosiana
J.Purdum, "*Guida al C - corso completo di programmazione*", Jackson
Testi ausiliari (per approfondimenti):
P.Bishop, "*Informatica*", Jackson
B.Kernigham, D.Ritchie, "*Il linguaggio C*", Jackson

ESAME

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

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

CA240 FONDAMENTI DI MECCANICA TEORICA E APPLICATA

Anno: 2° Periodo: 2°
Impegno (ore): lezioni: 76 esercitazioni: 44 (nell'intero periodo)
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. Vitemadrevite, 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, pattini 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 (≥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).

C2300 GEOMETRIA

Anno: 1 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 76 esercitazioni: 44 (nell'intero periodo)
Docente: **Maria Teresa RIVOLO**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il Corso si propone di fornire agli studenti una preparazione di base per lo studio di problemi geometrici nel piano e nello spazio con l'uso di coordinate e di problemi di algebra lineare con l'uso del calcolo matriciale.

REQUISITI

Elementi di geometria euclidea e di trigonometria; proprietà dei numeri reali, operazioni di derivazione e di integrazione.

PROGRAMMA

- Vettori del piano e dello spazio. Vettori applicati e liberi, operazioni, componenti. [5 ore]
- Numeri complessi ed equazioni algebriche. Definizione di numero complesso, operazioni, rappresentazione. Principio di identità dei polinomi. Teorema fondamentale dell'algebra. [5 ore]
- Spazi vettoriali. Proprietà elementari, sottospazi, dipendenza lineare, basi. Spazi di matrici, calcolo matriciale. [10 ore]
- Sistemi lineari e determinanti. Compatibilità e metodi di risoluzione di un sistema. Sistemi ad incognite vettoriali e matrice inversa. Definizione e proprietà dei determinanti. Proprietà delle matrici e determinanti. [7 ore]
- Applicazioni lineari. Definizione e proprietà. Applicazioni lineari e matrici. Cambiamenti di base e matrici simili. Autovalori ed autovettori: polinomio caratteristico, diagonalizzazione di una matrice, cenni sulla forma canonica di Jordan. Cenni su equazioni differenziali lineari di ordine n a coefficienti costanti. [14 ore]
- Spazi vettoriali con prodotto scalare. Spazi euclidei reali. Ortogonalità e basi ortonormali. Matrici ortogonali. Matrici simmetriche. Forme quadratiche. [4 ore]
- Geometria analitica del piano. Coordinate cartesiane e polari. La retta: rappresentazioni cartesiana e parametrica, parallelismo, angoli, fasci di rette. Distanze. Circonferenza: rappresentazioni, fasci di circonferenze. Coniche: forma generale e canonica, classificazione; tangente ad una conica in un suo punto. Cenni sulla polarità. [9 ore]
- Geometria analitica dello spazio. Coordinate cartesiane, cilindriche, polari. Rette e piani: rappresentazioni, parallelismo, angoli, perpendicolarità; complanarità di due rette. Distanze. Superfici sferiche e circonferenze. Coni, cilindri, superfici di rotazione. Quadriche: equazioni canoniche e classificazione; piano tangente. [14 ore]
- Geometria differenziale delle curve. Curve regolari e biregolari. Triedro fondamentale. Ascissa curvilinea. Curvatura e torsione. Cerchio osculatore. Formule di Frenet. [6 ore]

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni verteranno su:

1. Operazioni tra vettori [3 ore]
2. Esercizi su numeri complessi ed equazioni algebriche. [3 ore]
3. Esempi di spazi e sottospazi vettoriali. Esercizi sulla dipendenza lineare. Determinazione di generatori e di basi. Operazioni tra matrici [6 ore]
4. Risoluzione e discussione sulla compatibilità di sistemi lineari. Calcolo dell'inversa di una matrice. [4 ore]

5. Applicazioni lineari e matrici associate. Cambiamenti di base. Calcolo di autovalori e determinazione di autospazi. Esempi di diagonalizzazione e di forma canonica di Jordan per una matrice quadrata. [8 ore]
6. Basi ortonormali. Matrici simmetriche e forma canonica di una forma quadratica. [2 ore]
7. Rette, circonferenze e coniche del piano. [6 ore]
8. Curve e superfici dello spazio: rette, piani, circonferenze, sfere, quadriche, coni, cilindri, superfici di rotazione. [10 ore]
9. Proprietà differenziali di una curva: tangente, piano osculatore, cerchio osculatore, curvatura, torsione. Studio dell'elica circolare. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

S.Greco, P.Valabrega. Lezioni di Algebra lineare e Geometria (Vol. I-II). Levrotto e Bella, Torino, 1994.

TESTI AUSILIARI:

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

E.Sernesi. Geometria I. Bollati Boringhieri, Torino, 1990.

A.Sanini. Lezioni di Geometria. Levrotto e Bella, Torino 1994.

ESAME

L'esame si svolge in due prove, una scritta e una orale. Per lo scritto sono previste due modalità.

a) Due prove durante il semestre, la prima in forma di test, della durata di un'ora, riguardante l'algebra lineare; la seconda, della durata di un'ora e mezza, composta da esercizi di geometria analitica piana e spaziale.

b) Una prova della durata di due ore, in uno degli appelli previsti dal calendario, composta da esercizi sugli argomenti del Corso.

Il superamento delle due prove di tipo a) consente allo studente di sostenere la prova orale nel periodo compreso tra giugno e settembre, mentre lo studente
che superi la prova di tipo b) deve sostenere la prova orale nello stesso appello.

C2601 IMPIANTI CHIMICI 1

Anno: 4° Periodo: 2°
Impegno (ore): lezione: 58 esercitazione: 56 (nell'intero periodo)
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 sovrassature; 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; panelli comprimibili ed incomprimibili. Principali tipi di flitri 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).

C2602 IMPIANTI CHIMICI 2

Anno: 5 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 72 esercitazioni: 48 (nell'intero periodo)
Docente: **Vito SPECCHIA** (collab.: Giorgio Rovero, Guido Sassi, Guido Saracco)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Vengono illustrati i criteri necessari alla progettazione ed alla conduzione degli impianti dell'industria chimica. petrolchimica, biochinica, ecc., richiamando le conoscenze di ingegneria termotecnicam meccanica, chimica ed ecologica. Sono pure esaminati tutti i servizi ausiliari che costituiscono una parte finanziariamente e funzionalmente molto importante dell'impianto industriale. Si temde 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.

C3040 ISTITUZIONI DI ECONOMIA

Anno: 4 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 60 esercitazioni: 40 (nell'intero periodo)
Docente: **Loretta ROSSO**

PROGRAMMA

Gli strumenti per l'analisi del sistema economico (indici, modelli, *input–output*, contabilità nazionale).
Cenni di storia dell'analisi economica; crescita e sviluppo dei sistemi economici.
Elementi di microeconomia: i comportamenti degli operatori; la formazione dei prezzi; l'impresa e le decisioni produttive; i mercati dei fattori produttivi; le forme di mercato: mercati concorrenziali e mercati non concorrenziali.
Elementi di macroeconomia: macroeconomia di piena occupazione; macroeconomia con disoccupazione; il ruolo dello Stato e la politica economica: teorie keynesiane e sviluppi recenti.

C3110 MACCHINE

Anno 4 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 78 esercitazioni: 52 (nell'intero periodo)
Docente: **Matteo ANDRIANO**

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 delle 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.

C3990 PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA

Anno: 4 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 72 esercitazioni: 44 laboratori: 4 (nell'intero periodo)
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 fluodinamici. [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.

C4600 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Anno: 3 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 4 esercitazioni: 4 laboratori: 2 (ore settimanali)
Docente: **Franco ALGOSTINO** (collab.: Giorgio Faraggiana, Guglielmo Guglielmi)

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

P. Cicala, *Scienza delle costruzioni, Vol. 1 e 2*, Levrotto & Bella, Torino.
G. Faraggiana, A.M. Sassi Perino, *Applicazioni di scienza delle costruzioni*, Levrotto & Bella, Torino.

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.

C5570 TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA

Anno: 2 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 78 esercitazioni e laboratori: 26 (nell'intero periodo)
Docente: **Pietro APPENDINO** (collab.: 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: coefficiente 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.

C5850 TEORIA DELLO SVILUPPO DEI PROCESSI CHIMICI

Anno: 4 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni 60: esercitazioni: 44 (nell'intero periodo)
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
Ottimazione 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.

C5970 TERMODINAMICA DELL'INGEGNERIA CHIMICA

Anno: 3 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 75 esercitazioni: 30 (nell'intero periodo)
Docente: **Mario MAJA** (collab.: Marco Vanni)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso viene sviluppato con l'intento di dare agli allievi ingegneri chimici le basi concettuali necessarie per lo studio delle reazioni e dei processi chimici. Ad una trattazione generale della termodinamica verrà fatto seguire sia uno studio dettagliato delle condizioni di equilibrio dei sistemi chimici mono e plurifasici, sia il calcolo del lavoro delle reazioni chimiche ed elettrochimiche sia una discussione sulla conversione elettrochimica dell'energia.

REQUISITI

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

PROGRAMMA

- Termodinamica generale. [10 ore]

Le leggi della termodinamica generale, le grandezze molari parziali, i potenziali termodinamici, le equazioni fondamentali (Gibbs, Helmholtz, Clapeyron), i bilanci energetici, le trasformazioni fondamentali, l'equilibrio chimico e l'equilibrio elettrochimico.

- Termochimica. [4 ore]

La legge di Hess, i bilanci entalpici, calori di soluzione, calcolo completo del calore di reazione.

- Sistemi omogenei quasi perfetti. [10 ore]

Il calcolo dell'entropia, del lavoro di una reazione e delle condizioni di equilibrio, le equazioni di van't Hoff, di Helmholtz e di Planck, gli equilibrii bifasici, gli equilibrii di membrana, l'equazione di Nernst ed il terzo principio.

- Applicazioni a casi pratici. [7 ore]

Il calcolo del potere ossidante e riducente di una miscela gassosa, gli equilibrii di clorurazione e solfatazione, il comportamento degli ossidi non stechiometrici, i diagrammi *H–S*, cicli termodinamici.

- La termodinamica molecolare. [5 ore]

Richiami di statistica e quantistica chimica, l'interpretazione molecolare dei tre principi della termodinamica, i calori specifici.

- Sistemi reali. [6 ore]

Il teorema del viriale, le principali equazioni di stato, la termodinamica dei sistemi reali, la fugacità e l'attività, le equazioni di Margules e Van Laar, i sistemi azeotropici.

- Sistemi plurifasici. [6 ore]

La legge delle fasi, le regole per il tracciamento dei diagrammi di fase, diagrammi unari, binari, ternari e ad *n* componenti.

- Sistemi dispersi. [8 ore]

La tensione superficiale, equilibrii meccanici tra fasi, la nucleazione, equilibrii chimici e legge dell'adsorbimento di Gibbs, Ìadsorbimento fisico di gas su solidi, cenno alla teoria BET.

- Le interfasi elettrizzate. [6 ore]

Richiami della teoria elementare degli elettroliti, cenni alla teoria di Debye–Hückel, fenomeni elettrocinetici, applicazioni delle misure di conducibilità, l'interfase solido–elettrolito.

- Termodinamica elettrochimica. [8 ore]

I potenziali di elettrodo, loro misura, i potenziali di membrana, i potenziali di diffusione, i diagrammi *p*H–V, gli elettrodi ad ossidi non stechiometrici.

- Conversione dell'energia. [6 ore]

I generatori primari e secondari, loro caratteristiche, elettrodi per generatori, le pile a combustibile.

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.

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI DI ORIENTAMENTO

C0590 CATALISI INDUSTRIALE

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 80 esercitazioni e laboratori: 8 (nell'intero periodo)
Docente: *da nominare* (referente: Guido Saracco)

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, hydrocraking, hydrotreating, 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 NO_x, 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.

C0910 CORROSIONE E PROTEZIONE DEI MATERIALI METALLICI

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 70 esercitazioni: 10 (nell'intero periodo)
Docente: **Mario MAJA** (collab.: 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 *p*H–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 esercitazione 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): lezioni: 4 esercitazioni: 2 (nell'intero periodo)
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.

C1300 DINAMICA E CONTROLLO DEI PROCESSI CHIMICI

Anno: 4-5 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 52 esercitazioni: 26 laboratori: 4 (nell'intero periodo)
Docente: (referente: Marco Vanni)

PRESENTAZIONE

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 sviluppare il progetto fino alla stesura dello schema di marcia dell'impianto (P&ID). 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 svilluppo 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.
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 [12 ore]: Strumenti di misura. Uso dei PLC. Discussione di esempi applicativi relativi al controllo delle principali operazioni unitarie. Notazione P&ID. Tracciamento e lettura del P&ID per un caso reale
Cenni sul progetto di sistemi di controllo digitali [6 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. Stephanopulos, 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.

R1360 DISCIPLINA GIURIDICA DELLE ATTIVITÀ TECNICO-INGEGNERISTICHE

Anno: 5 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 52 esercitazioni: 10 (nell'intero periodo)
Docente: **Luciano ORUSA**

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 ELETTROCHIMICA APPLICATA

Anno: 5 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 72 esercitazioni: 10 laboratori: 30 (nell'intero periodo)
Docente: **Paolo SPINELLI**

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 – *p*H.

- 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.
- Passivazione 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.

L2030 FISICA MATEMATICA

Anno: 5 Periodo: 1
Impegno (ore): lezione: 4 esercitazione: 2 laboratorio: 2 (ore settimanali)
Docente: **Nicola BELLOMO**

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.

C7292 FENOMENI DI TRASPORTO II

Anno: 5(4) Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 52 esercitazioni: 28 (ore nell'intero periodo)
Docente: *da nominare* (referente: Giancarlo Baldi)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di approfondire le conoscenze dei fenomeni di trasporto nei sistemi omogenei e di fornire una introduzione alla analisi dei sistemi multifasi. Ampio spazio è dedicato alla teoria della turbolenza ed alla sua applicazione in sistemi di interesse per l'ingegneria chimica.

REQUISITI.

Fenomenti di Trasporto I, Principi di ingegneria chimica, Termodinamica per l'ingegneria chimica, Analisi matematica 1 e 2.

PROGRAMMA

Equazioni di bilancio: richiamo delle equazioni di bilancio per fluidi omogenei; bilancio di sostanze ioniche e di elementi; bilancio di energia in sistemi a molticomponenti; bilanci mediati sul volume; bilanci di popolazione (8 ore)

Trasporto di materia in sistemi a molti componenti: bilancio entropico; deduzione delle equazioni costitutive lineari; diffusione in miscele liquide binarie; equazione di Stefan-Maxwell; bilancio all'interfaccia; coefficienti di scambio in presenza di flusso totale consistente; diffusione in film di molticomponenti: soluzioni approssimate; applicazioni ai casi di assorbimento con reazione chimica e condensazioni di miscele di vapori (12 ore)

*Trasporto con interfaccia mobile:*dissoluzione e cristallizzazione; interfaccia mobile tra due fasi a densità molto diversa; liofilizzazione (8 ore)

Introduzione alla turbolenza: equazione di variazione di quantità di moto in regime laminare; 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; microscala di Taylor e di Kolmogoroff; spettro di energia; spettro dello scalare e microscala di Batchelor (12 ore)

*Fenomeni interfacciali:*natura dell'interfaccia; statica e dinamica dell'interfaccia; termodinamica dell'interfaccia: approccio di Gibbs; interfaccia solido-liquido: doppio stato, potenziale Z, modello DLVO per la stabilità dei colloidi (12 ore)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consisteranno nello svolgimento di un problema dalla impostazione teorica delle equazioni di modello fino alla risoluzione numerica delle stesse. Il lavoro sarà eseguito da piccoli gruppi di tre persone.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento: non esiste

Testi ausiliari:

Rossner D., *Transport processes in chemically reacting flow systems*, Butterworths, 1986
Tennekes H., Lumley J.L., *A first course in turbulence*, MIT Press, 1972
Adamson A.W., *Physical chemistry of surfaces*, Wiley, 1992

ESAME

Oltre all'esercitazione, lo studente dovrà fare altre due relazioni su argomenti diversi. Coloro che lo desiderano possono inoltre sostenere l'esame orale tradizionale.

C2590 IMPIANTI BIOCHIMICI

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 52 esercitazioni: 26 (nell'intero periodo)
Docente: **Guido SASSI**

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.

CA450 IMPIANTI DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore): lezione: 48 esercitazione: 64 (nell'intero periodo)
Docente: *da nominare* (referente: Romualdo Conti)

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 i 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, saccarificazione e decantazione. Luppolaggio. 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 (cenno). (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, antischiumogeni, antiagglomeranti di polveri, agenti di rivestimento, coloranti, ecc.. Legislazione. (2 ore)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI.

Le esercitazioni del corso sono divise in due parti. La prima (44 ore), da svolgersi in aula, prevede l'esecuzione del progetto di massima di un impianto dell'industria alimentare, completato con uno studio della sua disposizione da realizzarsi, eventualmente, mediante l'impiego del calcolatore (per cui è disponibile il necessario software - è indispensabile la conoscenza del CAD). L'esercitazione è svolta da squadre di 3-4 studenti. La seconda (4-5 mezze 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

ESAMI

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

C2661 IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEGLI EFFLUENTI INQUINANTI 1

Anno: 5 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni e esercitazioni: 6 (ore settimanali)
Docente: *da nominare* (referente: Fulvia CHIAMPO)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si occupa delle tecnologie e dei processi utilizzati per il trattamento degli effluenti aeriformi e dello smaltimento dei rifiuti solidi e dei fanghi. Il programma è pertanto indirizzato agli aspetti impiantistici e processistici sia costruttivi che gestionali, tenendo conto dei criteri di scelta fra le varie possibili opzioni di trattamento e della legislazione vigente.

PROGRAMMA

INQUINAMENTO DELL'ARIA
Principali classi di inquinanti. Legislazione relativa all'inquinamento atmosferico. Inquinamento atmosferico in ambienti di lavoro. Inquinamento da odori e tecnologie di trattamento. Biofiltri. (4 ore)
Apparecchiature per la depolverazione a secco: camere a gravità, separatori ad urto e inerziali, cicloni, separatori dinamici, filtri a maniche, separatori elettrostatici. (8 ore)
Apparecchiature per la depolverazione ad umido: cicloni, camere a spray, torri a riempimento, lavatori a Venturi e ad eiettore. (4 ore)
Apparecchiature per la separazione del particolato liquido, di gas e di vapori. (4 ore)
Adsorbitori. (2 ore)
Incenerimento diretto, termico, catalitico. (4 ore)
Processi per la rimozione di NO_x e SO_x. (4 ore)
Microinquinanti organici clorurati. (2 ore)
SMALTIMENTO DEI RIFIUTI SOLIDI
Legislazione vigente. (1 ora)
Inceneritori per rifiuti solidi urbani e industriali. Pirolisi. (6 ore)
Discariche controllate. Produzione di biogas e di percolato da discariche per RSU. (6 ore)
Trattamenti di stabilizzazione-solidificazione per rifiuti tossico-nocivi. (2 ore)
Trattamenti per rifiuti ospedalieri. (1 ora)
Compostaggio. (4 ore)
Apparecchiature per il trattamento dei rifiuti solidi: trituratori, separatori, trasportatori. (4 ore)
Riciclaggio e recupero di RSU: carta e cartone, vetro, alluminio, plastica, materiali metallici, pneumatici. Produzione di RDF. (6 ore)
Bonifiche di siti contaminati. Valutazione di Impatto Ambientale (4 ore)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Calcoli relativi al dimensionamento di apparecchiature per il trattamento degli effluenti inquinanti gassosi. (6 ore)
Calcolo di un camino. (4 ore)
Calcolo relativo ad un inceneritore per rifiuti solidi. (2 ore)
Calcolo relativo ad una discarica per RSU (durata, produzione di biogas, produzione di percolato, etc.). (4 ore)
Sono previste visite presso discariche consortili per RSU, impianti di compostaggio, impianti per il trattamento di rifiuti solidi industriali.
Tali visite sono parte integrante del corso.

BIBLIOGRAFIA

Testi consigliati

Bethea R.M. "Air Pollution Control Technology: an Engineering Analysis Point of View"Reinhold, 1978

Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S.A. "Integrated Solid Waste Management" McGraw-Hill, 1993

ESAMI

L'esame prevede una prova orale.

C2662 IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEGLI EFFLUENTI INQUINANTI 2

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 50 esercitazioni: 50 (nell'intero periodo)
Docente: **Vito SPECCHIA**

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 le tecnologie 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 deminaralizzata; 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 *p*H; 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.
Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering: Treatmment, Disposal, Reuse*, McGraw-Hill Int. Eds. Civil Eng. Series, 3rd Edition, 1991

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.

RA160 INGEGNERIA DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 55 esercitazioni: 20 laboratori: 5 (nell'intero periodo)
Docente: **Giulio GECCHELE** (collaboratore: Marina Clerico)

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. nA 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 preflashover, 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.

C3420 METALLURGIA

Anno: 3 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 75 esercitazioni e laboratori: 20 (nell'intero periodo)
Docente: **Bruno DE BENEDETTI** (collab.: Giovanni Maizza)

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, aereonautiche, 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 calcolatore 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): lezioni: 70 esercitazioni: 16 laboratori: 6 (nell'intero periodo)
Docente: **Bruno DE BENEDETTI** (collab.: Giovanni Maizza)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Si tratta di una disciplina, didatticamente autonoma, propedeutica fondamentale per l'indirizzo metallurgico del corso di laurea in Ingegneria chimica e per l'indirizzo metallurgico del corso di laurea in Ingegneria meccanica.
Tratta di struttura, proprietà, comportamento fisico-meccanico dei metalli, argomento appena sfiorati nei due corsi paralleli a carattere tecnologico e strettamente applicativo di *Tecnologia dei materiali metallici* e di *Metallurgia*.

REQUISITI

Le nozioni propedeutiche impartite nel corso di Tecnologia dei materiali e chimica applicata.

PROGRAMMA

- Struttura cristallina dei metalli; principali tipi di reticolo cristallino; natura del legame metallico. Difetti nei metalli: vacanze, dislocazioni, bordi di grano, difetti di impilamento. [12 ore]
- Leghe metalliche; soluzioni solide sostituzionali e interstiziali; fasi di Hume–Rothery e di Laves; soluzioni solide ordinate. Richiami di termodinamica delle leghe metalliche e diagrammi di stato binari. [8 ore]
- Solidificazione dei metalli; fenomeni di nucleazione e crescita; solidificazione dendritica; fenomeni di segregazione; omogeneizzazione. Ricottura dei materiali metallici deformati a freddo: *recovery*, ricristallizzazione, crescita dei grani, ricristallizzazione secondaria. Fenomeni di indurimento per precipitazione: solubilizzazione, invecchiamento, nucleazione e crescita dei precipitati. [22 ore]
- Diffusione nelle soluzioni solide sostituzionali; prima e seconda legge di Fick; prima e seconda legge di Darken; determinazione dei coefficienti di diffusione; autodiffusione nei metalli puri; diffusione interstiziale. [8 ore]
- Deformazioni plastiche a temperature elevate per scorrimento sotto carichi costanti. [8 ore]
- Deformazione con geminazione; nucleazione e crescita dei geminati. Trasformazioni martensitiche; influenza delle sollecitazioni meccaniche sulla stabilità della martensite; trasformazioni bainitiche e perlitiche. [12 ore]

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

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.

MA460 METODI E MODELLI PER IL SUPPORTO ALLE DECISIONI

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

- 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 participativi; 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 condotto 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): lezione: 80 esercitazione: 40 laboratori: 2 (nell'intero periodo)
Docente: **Grazia VICARIO**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

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

REQUISITI

Analisi Matematica I, Geometria (Gestionali), Analisi Matematica II (altri corsi di laurea)

PROGRAMMA 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.

H3770 MODELLI PER L'ORGANIZZAZIONE E LA GESTIONE DI SISTEMI

Anno: periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 4 esercitazioni: 4 (nell'intero pereiodo)
Docente: **Maria Franca NORESE**

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

Appunti del corso e documenti distribuiti durante le lezioni.

C3980 PRINCIPI DI INGEGNERIA BIOCHIMICA

Anno: 4 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 52 esercitazioni: 26 (nell'intero periodo)
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 informazionali: carboidrati e lipidi; informazionali: 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 asistotica, approcci avanzati: *fuzzy* e reti neuronali.

- Bioreattoristica. [10 ore]

Batch, CSTR: stabilità e moltiplicità cinetica e termica; reattori a pistone; immobilizzati: a letto fisso, fluidizzato; valutazione delle resistenza 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 biotecnology*, Elsevier, 1983.
M.L. Shuler, F. Kargi, *Bioprocess engineering*, Prentice Hall, 1992.

C4030 PROCESSI BIOLOGICI INDUSTRIALI

Anno: 5 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 56 esercitazioni: 28 (nell'intero periodo)
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.

C4050 PROCESSI DI PRODUZIONE DEI MATERIALI MACROMOLECOLARI

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 70 esercitazioni: 12 (nell'intero periodo)
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. Pesi molecolari medi dalle proprietà di soluzioni polimeriche. Tecniche strumentali per la misura della distribuzione dei pesi 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 pesi 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, poliuretaniche. 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): lezioni: 72 esercitazioni e laboratori: 6 (ore settimanali)
Docente: **Nerino PENAZZI**

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 elettrodici.

- 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.

C4080 PROCESSI INDUSTRIALI DELLA CHIMICA FINE

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 64 esercitazioni e laboratori: 14 (nell'intero periodo)
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, detergenti 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 ESERCITAZIONIO

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 trasmisssione 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.

C4170 PROGETTAZIONE DI APPARECCHIATURE DELL'INDUSTRIA CHIMICA

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 6 (ore settimanali)
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.
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.
Sinnok, *Chemical engineering. Vol. 6*, 2nd ed., Elsevier.
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): lezioni: 52 esercitazioni: 26 (nell'intero periodo)
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 delle problemi di carattere pratico connessi all'impiego di tali apparecchiature nei processi chinici industriali.

REQUISITI

La conoscenza dei fondamenti teorici dei fenomeni di trasporto e della cinetica chimica applicata trattati nei corsi di *Principi di ingegneria chimica* e *Principi di ingegneria chimica 2* è di fondamentale importanza per la comprensione degli argomenti trattati nel corso.

PROGRAMMA

- Reazioni catalitiche eterogenee. [8 ore]

Chemiadsorbimento su superfici catalitiche, diffusione in solidi porosi, catalizzatori polifunzionali, cinetica dei fenomeni elementari di una reazione catalitica, espressione cinetica generalizzata, modelli cinetici semplificati, identificazione dei parametri cinetici.

- Reattori chimici polifasici. [10 ore]

Sistemi con catalizzatore disperso e con letto catalitico fisso, fluodinamica dei reattori gas–liquido–solido, reattori polifasici innovativi, impiego dei reattori polifasici in processi chimici industriali, reazioni gas–solido di tipo non catalitico, reattori sperimentali per lo studio di sistemi polifasici.

- Dinamica dei reattori chimici. [10 ore]

Molteplicità e stabilità degli stati stazionari, fenomeni di isteresi termica, analisi del comportamento dinamico dei reattori, regimi periodici forzati, fenomeni di disattivazione catalitica.

- Reattori chimici per processi di polimerizzazione. [8 ore]

Cinetica delle reazioni di polimerizzazione, reattori continui e discontinui per reazioni di polimerizzazione in fase fluida, apparecchiature per trattamento di polimeri allo stato solido.

- Sicurezza dei reattori chimici. [12 ore]

Sicurezza termica dei processi, reazioni secondarie in condizioni non controllate, calorimetria differenziale, misure preventive e protettive, gestione di processi discontinui, casistica di incidenti.

- Reattori chimici per applicazioni ambientali. [4 ore]

Reattori per processi di combustione catalitica di composti organici volatili, depurazione di effluenti liquidi mediante ossidazione chimica catalitica e fotocatalitica, processi catalitici per il trattamento delle acque per uso potabile.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Gli allievi, suddivisi in gruppi di 3-4 persone, svolgono alcuni esercizi relativi ad argomenti trattati nel corso:

- identificazione dei parametri cinetici di una reazione chimica mediante regressione di dati sperimentali;
- identificazione dei parametri fluodinamici di un reattore chimico polifasico;
- analisi del comportamento dinamico di un reattore chimico;

- elaborazione di un modello chimico-fisico di un reattore chimico e simulazione del suo comportamento al variare delle condizioni operative.

Le esercitazioni comprendono una prima parte di analisi teorica del problema ed una seconda parte di calcolo numerico nella quale potrà essere utilizzato il laboratorio informatico dipartimentale.

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. Bishoff, *Chemical reactors analysis and design.*

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

Y. Shah, *Gas–liquid–solid chemical reactors.*

ESAME

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

C4500 REOLOGIA DEI SISTEMI OMOGENEI ED ETEROGENEI

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 52 esercitazioni: 26 (nell'intero periodo)
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, possibilit\`a 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.

BIBLIOGRAFIA

H.A. Barnes, J.F. Hutton, K. Walters, An Introduction to Rheology, Elsevier, 1989.
R.I. Tanner, Engineering Rheology, Oxford Engineering Science Series, 1985.

ESAME

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

E4640 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI COMPOSITI

Anno: 5 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 78 esercitazioni: 26 (nell'intero periodo)
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.

E4682 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI II

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 6 (ore settimanali)
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 antifiamma.

- 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 riguar-

deranno 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.

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

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

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): lezioni: 70 esercitazioni: 15 (nell'intero periodo)
Docente: **Aurelio BURDESE** (collab.: 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 ai riduzione. [30 ore]

Riducibilità degli ossidi. Sistemi costituiti da ossidi in progressiva riduzione. Equilibri di riduzione degli ossidi di ferro con riferimento all'effetto di ossidi estranei, in particolare dei componenti delle scorie siderurgiche. Riducenti. Riduzioni dirette e indirette. Combustibili. Preriscaldamento e ricupero di calore.
Classificazione e controllo di forni siderurgici.

- Ghisa. [10 ore]

Preparazione del minerale. Altoforno ed impianti ausiliari. Altoforno elettrico e forni per ferroleghe. 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]

BIBLIOGRAFIA

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

W. Nicodemi, R. Zoja, *Processi e impianti siderurgici*, Tamburini, Milano.
G. Violi, *Processi siderurgici*, ETAS Kompass, Milano.

ESAME

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

C5440 TECNICA DELLA SICUREZZA AMBIENTALE

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 6 esercitazioni: 4 (ore settimanali)
Docente: **Norberto PICCININI** (collab.: Guido Sassi)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Nel quadro dell'ampio significato dei termini "rischio" e "sicurezza", il corso intende fornire gli strumenti per individuare le pericolosità nelle varie attività e definire procedimenti, tecnici od organizzativi, per raggiungere obiettivi di sicurezza. Il corso intende inoltre trasferire le valutazioni dei rischi in processi decisionali per una corretta progettazione e per una attenta gestione dei rischi imprenditoriali od ambientali.

REQUISITI

Sarebbe opportuno che l'allievo avesse superato un insegnamento di impianti.

PROGRAMMA

- Incidenti e rischi nelle attività umane [10 ore]

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

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 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 del rischi (Durata della prova - 3 ore - sono consultabili appunti, libri od esercizi svolti).

H5450 TECNICA DELLA SICUREZZA ELETTRICA

Anno: 5 periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 6 esercitazioni: 2 (ore settimanali)
Docente: **Vito CARRESCIA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso intende fornire agli allievi i fondamenti della tecnica della sicurezza elettrica, cioè i modi con cui rendere sicuro per le persone l'uso dell'energia elettrica. Dopo una panoramica sugli effetti della corrente elettrica sul corpo umano si studiano i sistemi di protezione contro i contatti diretti e indiretti, con e senza interruzione automatica del circuito. Si affronta anche il problema della protezione delle condutture contro le sovracorrenti, della sicurezza dei circuiti di comando, del sezionamento, dei luoghi con pericolo di esplosione, delle radiazioni non ionizzanti.

REQUISITI

Elettrotecnica

PROGRAMMA

- Le basi legislative della sicurezza.

Gli enti normatori nazionali e internazionali. La conformità alle norme degli apparecchi e degli impianti. Il diritto nazionale e internazionale nel settore elettrico. La marcatura CE. La legge 46/90 sulla sicurezza degli impianti. Il marchio di qualità. Il rapporto tra norme di legge e norme di buona tecnica. Applicabilità delle norme agli impianti preesistenti. Alcuni dati statistici sugli infortuni elettrici. [8 ore]

- Principi generali di sicurezza.

Definizione di sicurezza e di rischio. Sicurezza di un sistema. Relazione tra sicurezza e affidabilità. Individuazione del livello di sicurezza accettabile. Il rischio indebito. L'errore umano. [4 ore]

- Brevi richiami di elettrofisiologia.

Effetti pato-fisiologici della corrente elettrica sul corpo umano.Limiti di pericolosità della corrente elettrica. Resistenza elettrica del corpo umano. [4 ore]

- Il terreno come conduttore elettrico.

La resistenza di terra. I potenziali sulla superficie del terreno. Dispersori in parallelo. Tensione totale e tensione di contatto a vuoto e a carico. [2 ore]

- Isolamento funzionale, principale, supplementare, rinforzato.

Definizione di massa. Curva di sicurezza. Massa estranea. Classificazione dei sistemi elettrici in relazione alla tensione. [4 ore]

- Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi TT.

Necessità della protezione differenziale. L'equipotenzialità. Il relè di tensione. Il conduttore di neutro nei sistemi TT. [4 ore]

- Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi TN.

Rispetto della curva di sicurezza. Tensioni sul neutro. Il guasto non franco a terra. Reti pubbliche di distribuzione dell'energia: sistemi TT e TN. [4 ore]

- Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi IT.

Sovratensioni per guasto resistivo e induttivo a terra. [2 ore]

- Protezione contro i contatti indiretti senza interruzione automatica del circuito.

Trasformatore d'isolamento, apparecchi di classe seconda e di classe zero. [2 ore]

- Protezione contro i contatti indiretti in alta tensione.

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.

C5610 TECNOLOGIA DEL PETROLIO E PETROLCHIMICA

Anno: 4 Periodo: 1
Impegno (ore): lezioni: 70 esercitazioni: 12 (nell'intero periodo)
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, *Petrolchimica*, 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): lezioni: 50 esercitazioni: 50 (nell'intero periodo)
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

Rifinizione, 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 tesssile, 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.

C 5710 TECNOLOGIE METALLURGICHE

Anno: 5 periodo didattico: 2
Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 20 laboratori 14,
Visite ad industrie 16.
Docente: **Mario ROSSO**

PRESENTAZIONE

Il corso è volto all'approfondimento dei processi e delle tecnologie di formatura dei metalli e delle loro leghe. Dopo un'introduzione dei principi fondamentali su cui si basano i processi di deformazione plastica, di fonderia, della metallurgia delle polveri e delle tecniche di giunzione, vengono esaminati i processi e gli impianti utilizzati. In particolare vengono studiate ed analizzate le applicazioni delle predette tecnologie per la fabbricazione di pezzi finiti e costituiti da leghe ferrose, leghe a base di nichel, cobalto, cromo, zinco, alluminio, magnesio e titanio, nonché rame, bronzi ed ottoni, metalli antifrizione e compositi a matrice metallica. Un aspetto fondamentale del corso riguarda la valutazione di caratteristiche e proprietà del prodotto finito, in relazione anche alla tecnologia adottata, mettendo in primo piano gli aspetti legati alla difettologia ed al controllo qualità.
Uno stretto contatto con le realtà industriali più significative, mediante visite appositamente programmate, fornisce un contenuto pratico al corso e favorisce un migliore aggiornamento su evoluzione ed innovazione tecnologica.

REQUISITI

È necessaria la conoscenza degli argomenti di carattere metallurgico, trattati nei corsi fondamentali.

PROGRAMMA

PROCESSI DI 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. (14 ore)
FONDERIA: richiami ai principi di solidificazione delle leghe. Diagramma di flusso e ciclo di lavorazione tipico di una fonderia. Modelli, forme ed anime, modalità di formatura e processi speciali di formatura. Colata in gravità e centrifuga, pressocolata. Formatura di leghe e compositi allo stato semisolido: processi tipo Rheocasting e Thixoforming. Lavorazioni di finitura e controllo dei getti, leghe tipiche da fonderia e loro settori di impiego, assicurazione della qualità. (14 ore)
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. (14 ore).
TECNICHE DI GIUNZIONE E RIPORTI SUPERFICIALI: 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 (10 ore).

CRITERI DI SCELTA E COSTI: 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. (8 ore)

LABORATORI ED ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula consistono nello sviluppo di esempi applicativi e di calcolo sugli argomenti oggetto delle lezioni. Comprendono calcoli di forze e potenze richieste, scelta dei tipi di impianti utili per i diversi processi studiati. Per quanto riguarda i processi di fonderia: calcolo di materozze, attacchi e canali di colata, baricentro termico, progettazione delle forme. Per la Metallurgia delle Polveri determinazione degli sforzi per la compattazione delle polveri e scelta delle presse. Calcolo di atmosfere e tempi di sinterizzazione.
Analisi economica e valutazione dei costi. Progetto del ciclo di formatura di pezzi specifici e confronto tecnico economico 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.
Visite ad industrie di stampaggio a caldo ed a freddo, a fonderie di leghe leggere e di leghe ferrose, a fabbriche di sinterizzati.

BIBLIOGRAFIA

G. Dieter, Mechanical Metallurgy, McGraw.Hill, Tokio, 1988.
R.A. Higgins, Engineering Metallurgy, Vol I e II, ELBS, Kent, 1986.
E. Mosca, Metallurgia delle polveri, AMMA, Torino, 1983.
Appunti del corso.

ESAME

Per gli esami non sono previste modalità particolari e consistono nella classica prova orale.

PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE IMPARTITE A MONDOVÌ

C0231 ANALISI MATEMATICA I

Vedi programma del corso di Torino

C0232 ANALISI MATEMATICA II

Vedi programma impartito a Torino

C0290 APPLICAZIONI INDUSTRIALI ELETTRICHE

Anno: 2 Periodo:1
Impegno (ore): lezioni: 6 esercitazioni: 2 (ore settimanali)
Docente: **Maurizio 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 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.

MODALITA' DI 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

C0621 CHIMICA I

Vedi programma del corso di Torino

C0622 CHIMICA II

Vedi programma impartito a Torino

C1901 FISICA GENERALE I

Vedi programma del corso di Torino

C1902 FISICA GENERALE II

Vedi programma impartito a Torino

C2170 FONDAMENTI DI INFORMATICA

Vedi programma del corso di Torino

CA240 FONDAMENTI DI MECCANICA TEORICA E APPLICATA

Vedi programma impartito a Torino

C2300 GEOMETRIA

Anno: 1 Periodo: 2
Docente: **Giannina BECCARI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si articola in 6 ore settimanali di lezione e 4 ore settimanali di esercitazione di cui 2 ore a corso riunito, relative a problemi generali tecniche standard di soluzione, eventuali complementi, 2 ore a squadre separate dedicate a problemi di tipo specifico e applicazioni.

PROGRAMMA

- Numeri complessivi: operazioni, rappresentazione trigonometrica, radici *n*- esime.
- Polinomi ed equazioni algebriche in campo reale e complesso: radici, decomposizione di polinomi in fattori irriducibili.
- Vettori del piano e dello spazio: operazioni, componenti, prodotto scalare, vettoriale, misto
- Spazi vettoriali: proprietà elementari, sottospazi, somme intersezioni di sottospazi, dipendenza lineare, insiemi di generatori, basi, dimensione.
- Matrici: operazioni, invertibilità, rango, determinanti.
- Sistemi lineari: Teorema di Rouchè-Capelli, metodi di risoluzione, sistemi ad incognite vettoriali, matrice inversa.
- Applicazioni lineari: definizioni e proprietà elementari, nucleo e immagine, suriettività, iniettività, applicazione inversa, applicazioni lineari e matrici, matrici simili, cambiamenti di base.
- Autovalori e autovettori: polinomio caratteristico, autospazi, endomorfismi semplici, matrici diagonalizzabili.
- Forma canonica di Jordan: teorema di Cayley-Hamilton e polinomio minimo, endomorfismi e matrici nilpotenti, matrici diagonali a blocchi autospazi generalizzati, forma canonica di Jordan.
- Spazi con prodotto scalare: basi ortonormali, entomorfismi autoaggiunti, matrici simmetriche reali e forme quadratiche.
- Coordinate cartesiane nel piano e nello spazio. Cambiamenti di riferimento cartesiani. Coordinate polari nel piano.
- Rette e circonferenze nel piano.
- Coniche in forma canonica e generale.
- Rette e piani nello spazio.
- Sfere e circonferenze.
- Quadriche (in forma canonica)
- Superfici nello spazio: coni, cilindri, superfici di rotazione
- Curve nello spazio e curve piane
- Curve regolari e biregolari: versori tangente, normale, binormale, piano osculatore, elica circolare

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:
Greco, P.Valabrega *"Lezioni di Algebra Lineare e Geometria"* ,
Vol. I "Algebra lineare",
Vol. II *"Geometria Analitica e Differenziale"* , Levrotto & Bella, Torino
Testo consigliato:
A.Sanini *"Lezioni di Geometria"* , Levrotto & Bella, Torino

Libri di esercizi adatti al Corso:
S.Greco, P.Valabrega *"Esercizi risolti di Algebra Lineare, Geometria Analitica e Differenziale"*, Levrotto & Bella, Torino
A.Sanini *"Esercizi di Geometria"*, Levrotto & Bella, Torino
Chiarli, S.Greco, P.Valabrega, *"100 Esercizi di Algebra Lineare"* , Levrotto & Bella, Torino
N.Chiarli, S.Greco, P.Valabrega, *"Esercizi di Geometria analitica piana e numeri complessi"* Levrotto & Bella
Chiarli, S.Greco, P.Valabrega, *"100 Esercizi di Geometria spaziale"* Levrotto & Bella,Torino
G.Tedeschi, *"Test di Geometria risolti"*, Esculapio, *Bologna*
G.Cervelli, A.Di Lello, *"Geometria: Esercizi risolti"*, CLUT, Torino

ESAME

L'esame è costituito da una prova scritta, consistente nella risoluzione di esercizi, e da una prova orale.
Possono accedere all'orale gli studenti che nella prova scritta abbiano riportato una votazione non inferiore a 15/30. In sede di prova orale non è esclusa la richiesta di svolgimento di esercizi, ad eventuale completamento dello scritto. Al termine di ciascuna prova scritta il docente eseguirà alla lavagna lo svolgimento del compito, dopodiché sarà possibile ritirare l'elaborato consegnato, ottenendo la restituzione dello statino.
Nel corso del semestre verranno effettuate due prove di esonero (test a risposta multipla), e precisamente: una prima prova alla fine di aprile riguardante i numeri complessivi e l'algebra lineare, e una seconda, alla fine del corso, riguardante la rimanente parte del programma. Gli studenti che riporteranno in ciascuna prova una votazione non inferiore a 14/30 potranno non sostenere la prova scritta tradizionale e presentarsi direttamente all'orale. Si potrà usufruire di tale possibilità una volta negli appelli di giugno-luglio e una volta negli appelli di settembre.
Per poter sostenere l'esame è necessaria una prenotazione, che verrà effettuata consegnando lo statino alla Segreteria di Mondovì.
L'esame si intende iniziato con la consegna della prova scritta (o con l'inizio della prova, per gli studenti che abbiano superato le prove di esonero).
Per quanto non precisato, fanno fede le norme generali della Facoltà di Ingegneria.

C5570 TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA

Anno: 2 Periodo: 2
Impegno (ore): lezioni: 80 esercitazioni: 10 laboratori: 20 (nell'intero periodo)
Docente: *da nominare*

PRESENTAZIONE

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. Leghe 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 simulazione 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

Esonero scritto in corso d'anno ed esame orale a fine anno.

PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE DELLE SCIENZE UMANISTICHE

UM013 IL CONCETTO DI SIMMETRIA DALL'ANTICHITÀ A OGGI

Periodo didattico: 2
Docente: **Tullio REGGE**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso è incentrato sul concetto di simmetria. L'idea non è assolutamente quella di fare un corso monografico e astratto basato su formule, ma piuttosto quello di seguire le orme di Hermann Weyl, un grande matematico che ha scritto un testo classico sull'argomento di carattere interdisciplinare e che investe anche l'analisi di opere d'arte e di architettura. Sono estremamente numerose le strutture che hanno simmetrie nascoste, usualmente non riconosciute come tali, che durante lo svolgimento del corso saranno poste in luce.

PROGRAMMA

1. Cenni storici partendo dal Timeo attraverso Galois e l'inizio della teoria dei gruppi.
2. Concetto di gruppo
3. Simmetrie discrete e simmetrie continue
4. Ruolo delle simmetrie nella Fisica sia classica sia quantistica
5. Cristalli
6. Simmetrie nella relatività ristretta
7. Simmetria nelle particelle elementari. Materia e antimateria
8. Valore estetico della simmetria
9. Simmetria in biologia

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni prevedono l'approfondimento di temi specifici proposti dal docente e applicazioni sul riconoscimento di simmetrie nascoste.

BIBLIOGRAFIA

D. Hilbert e Vossen-Cohen, *Geometria e intuizione*, Bollati Boringhieri
H. Weyl, *Simmetria*, Bollati Boringhieri

ESAME

La valutazione finale sarà basata sulle esercitazioni svolte e su una prova pratica scritta.

UM009 ECONOMIA DELL'AMBIENTE

Esame attivato dalla Facoltà di Architettura
PROGRAMMA NON PERVENUTO

UM012 LINGUA ITALIANA CON ESERCITAZIONI DI RETORICA E STILISTICA

Periodo didattico: 2

Docente: **Carlo OSSOLA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso intende fornire allo studente competenze nella composizione di scrittura: la letteratura è infatti anche disegno e "divisamento" di parole; articola una sintassi spaziale e temporale altrettanto logicamente costruita che quella dispiegata dalle arti grafiche e dai principi compositivi del disegno architettonico.

La composizione di scrittura ordina un lessico, obbedisce a una grammatica, si distribuisce per sintassi e paratassi. Descrive forme, individua oggetti, crea percorsi, vi traccia e vi situa la posizione del soggetto che descrive, commisura, argomenta, contempla.

Il corso intende offrire –come nei principi canonici della retorica classica– paradigmi per costruire testi e produrre senso.

PROGRAMMA

Scomposizione analitica dei testi (10 h):
- varietà di testi: orale e scritto;
- unità di senso: la frase;
- unità di proposizione: il periodo;
- registri e forme mimetiche e diegetiche (descrizione, narrazione, dimostrazione, etc.);
- figure retoriche e stili di scrittura;

Composizione (10 h):
- unità compositive: contrazioni ed espansioni;
- scrittura del soggetto: monologo, dialogo, flusso memoriale, etc. ;
- scrittura dell'oggetto: il punto di vista;
- l'orizzonte degli oggetti: giaciture di spazio e di tempo;
- seriazioni e selezioni;

Argomentazione (10 h):
- posizione del problema, posizione della tesi;
- recensione dei dati: possibile e persuasibile;
- varianti di procedura: compatibilità e attese di senso;
- retorica e logica: paradigmi e verifiche;
- criteri di compiutezza: economia, evidenza, rendiconto;

La forma gratuita (10 h):
- comunicazione transitiva e comunicazione intransitiva;
- testo documentale e testo contemplativo;
- letteratura e poesia;
- traslazione e icona;
- lo sguardo del testo;

ESERCITAZIONI

Il corso, consacrato a "elementi di composizione del testo scritto", contempla ai quattro moduli teorici, anche 20 ore di esercitazioni pratiche.

BIBLIOGRAFIA

E. Aliberti, I Gallinaro, G. Jori, S. Stroppa, *Esercitazioni di scrittura*, Celid, Torino, 1998
B. Mortara Garavelli, *Manuale di retorica*, Bompiani
U. Eco, *Come si fa una tesi di laurea*, Bompiani

ESAME

L'esame prevederà, a fianco della prova orale, anche a presentazione di una relazione scritta.

UM001 METODOLOGIA DELLE SCIENZE NATURALI (IL METODO SCIENTIFICO)

Periodo didattico: 1
Docente: **Gabriele LOLLI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di introdurre ai temi trattati dalla filosofia della scienza attraverso l'analisi di concrete pratiche scientifiche.
Negli ultimi anni c'è stata una reazione al neopositivismo e un periodo di discussioni storiche e filosofiche su scienza normale e rivoluzioni, progresso e incommensurabilità delle teorie; quindi sono state affrontate anche le condizioni al contorno, materiali e culturali del lavoro scientifico, con i contributi della sociologia e delle scienze cognitive.
La tendenza prevalente nella filosofia della scienza è quella di sottolineare il carattere storico, relativo, non garantito dei risultati e delle teorie scientifiche. Una prima parte del corso sarà dedicata a una rassegna di queste discussioni.
Una seconda parte sarà dedicata al metodo scientifico, riconosciuto come una complessa manifestazione di tecniche e di ragionamenti - non regole che garantiscono la certezza in indagini settoriali; resta il fatto però che i procedimenti scientifici rispettano precise condizioni per la formulazione e il controllo delle ipotesi, la ideazione, verifica e valutazione degli esperimenti. Saranno affrontati due aspetti, l'organizzazione degli esperimenti e il ruolo della matematica.

PROGRAMMA

Ragionamento scientifico - Ipotesi, teorie, modelli, esperimenti - Esperimenti mentali - Apparati e strumenti - Misurazione Modelli scientifici - Modelli analogici e strutturali - Modelli di simulazione - Matematica e mondo Spiegazione scientifica - Cause, correlazioni, ragionamento statistico, teoria delle decisioni Giustificazione delle teorie - Predizione - Verifica, corroborazione e falsificazione - Scoperta scientifica Scienza e metafisica - Determinismo - Riduzionismo - Rivoluzioni scientifiche - Stili di ricerca, scuole e tradizioni - La conoscenza sociale, il sapere non verbalizzabile

BIBLIOGRAFIA

R. N. Giere, *Understanding Scientific Reasoning*, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1985.
G. Lolli, *Beffe, scienziati e stregoni*, Il Mulino, Bologna, 1998.
L. Wolpert, *The Unnatural Nature of Science*, Faber&Faber, London, 1992.

ESAME

L'esame prevederà a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta su un tema o autore trattati nel corso.

UM002 PROPEDEUTICA FILOSOFICA

Periodo didattico: 1
Docente: **Diego MARCONI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone d'illustrare, ad un livello elementare, concetti, metodi, ed esempi della ricerca filosofica attuale, in vari campi (metafisica, filosofia del linguaggio, filosofia della mente, filosofia morale). 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

- Filosofia (alcune concezioni della filosofia: Aristotele, Stoicismo, Locke, Cartesio, Hegel, Wittgenstein)
- Giusto e sbagliato in senso morale (ci sono argomenti per l'altruismo? I principi e i valori morali sono universali?)
- Libero arbitrio e determinismo
- Mente e cervello (dualismo - riduzionismo - funzionalismo)
- Morte (c'è vita dopo la morte? La morte è buona, cattiva o indifferente? La morte degli altri e la propria morte)
- L'esistenza di Dio (argomenti per l'esistenza di Dio; Dio e il male)
- Conoscenza e scetticismo
- 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)
- Progresso (scientifico, tecnologico, sociale, morale)

BIBLIOGRAFIA

T. Nagel, Una brevissima introduzione alla filosofia, Il Saggiatore, Milano 1989
sarà il testo di base; saranno inoltre usate parti dei seguenti:
M. Messeri, Verità, La Nuova Italia;
G. Graham, Shapes of the Past, Oxford;
R.Warburton, Philosophy (2a ed.), Routledge;
J.Hospers, An Introduction to Philosophical Analysis (4ed.), Routledge.

ESAME

L'esame prevederà la presentazione di una relazione scritta su un testo filosofico concordato col docente, e un compito scritto finale.

UM003 SOCIOLOGIA DEL LAVORO

Periodo didattico: 2
Docente: **Alberto BALDISSERA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo del corso è esaminare modi e forme di utilizzazione economica e sociale delle innovazioni tecnologiche. Particolare attenzione verrà dedicata all'analisi delle relazioni esistenti tra innovazioni tecnologiche ed organizzative nelle imprese economiche e in alcuni sistemi tecnologici complessi.

L'idea di fondo è che la diffusione delle innovazioni tecnologiche richiede adattamenti e innovazioni radicali nelle strutture organizzative delle imprese economiche, oltre a notevoli investimenti in istruzione e formazione professionale. A loro volta, le innovazioni organizzative, dal mutamento dei sistemi manageriali di controllo e dell'organizzazione del lavoro sino alle modifiche delle interfacce uomo-macchina, adattano le tecnologie alle esigenze produttive e del lavoro umano e contribuiscono a modificarle in misura rilevante.

PROGRAMMA

– Alcuni temi e problemi fondamentali della sociologia dell'azione sociale e della metodologia della ricerca sociologica;

– Le relazioni tra processi di globalizzazione, innovazioni tecnologiche e occupazione, nei paesi europei e negli USA. Particolare attenzione verrà dedicata all'analisi delle politiche (riguardanti l'istruzione e la formazione professionale, il marcato del lavoro, le politiche pubbliche di welfare, l'innovazione di prodotti e di processi) messe in atto in questi paesi al fine di stimolare lo sviluppo economico e l'occupazione.

– Le innovazioni organizzative (come il re-engineering o i programmi di total quality management) che accompagnano, stimolano e modificano l'introduzione delle tecnologie dell'informazione nelle organizzazioni industriali e dei servizi.

– Le patologie dei sistemi tecnologici complessi, illustrate negli ultimi decenni da una serie di incidenti maggiori, da Seveso a Three Mile Island, Chernobil, Bophal, etc. Verranno in particolare definiti i concetti di interfaccia e di interazione uomo-macchina, di logica della progettazione e logica di utilizzazione dei sistemi tecnologici complessi, di organizzazione affidabile ed esaminate alcune teorie organizzative degli incidenti tecnologici.

BIBLIOGRAFIA

A. Baldissera, *La tecnologia difficile*, Tirrena Stampatori, Torino, 1992

A. M. Chiesi, *Lavori e professioni*, Roma, NIS, 1997.

D. S. Landes., *Prometeo liberato. Trasformazioni tecnologiche e sviluppo industriale nell'Europa occidentale dal 1750 ai giorni nostri*, Torino, Einaudi, 1978.

ESAME

L'esame prevederà, a fianco della prova orale, la presentazione di una relazione scritta. Gli studenti saranno invitati a scrivere e presentare studi riguardanti uno o più incidenti tecnologici maggiori. In questo caso è indispensabile una buona conoscenza della lingua inglese.

UM004 SOCIOLOGIA DELLE COMUNICAZIONI DI MASSA

Periodo didattico: 1
Docente: **Giuseppe ORTOLEVA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso mira a dotare gli studenti di strumenti critici utili

da un lato a usare e comprendere fattivamente gli usi e le funzioni della comunicazione nei diversi ambiti produttivi nei quali si troveranno a operare,

dall'altro ad acquistare consapevolezza critica della presenza e del ruolo dei media nei diversi aspetti della vita sociale, una consapevolezza oggi necessaria per una responsabile partecipazione civica, qual è richiesta in particolare a chi esercita funzioni direttive e gestionali.

Il Corso avrà pertanto carattere interdisciplinare (con punti di vista sociologici, economici, culturali) e sarà dedicato non ad alcuni singoli mezzi di comunicazione, ma all'intero quadro sistemico dei media. Verrà fornita un'analisi d'assieme delle relazioni e interdipendenze organizzative, economiche e sociali, esistenti fra i diversi comparti dell'industria della comunicazione: i "vettori" (posta e telecomunicazioni), il "broadcasting" (radio, TV, TV-cavo), l'"editoria" (includendo in questo concetto non solo libri e giornali, ma anche produzione discografica, cinematografica, home video, fino al software informatico), l'"hardware", ovvero i beni strumentali.

Particolare attenzione sarà dedicata da un lato alle strutture professionali e all'organizzazione dei vari settori dell'industria dei media, dall'altro alle nuove tecnologie oggi emergenti e ai nuovi settori produttivi nascenti dall'incontro o "convergenza" tra i media in precedenza separati.

PROGRAMMA

- Comunicazione: definizioni e quadro teorico
- Le comunicazioni di massa e l'industrializzazione della cultura
- La comunicazione e la vita delle imprese
- L'attuale sistema dei media
- Prospettive di evoluzione
- Il caso italiano.

BIBLIOGRAFIA

P.Ortoleva, Comunicazione e cambiamento sociale nel mondo contemporaneo, (Pratiche), Parma 1995;

G.Cesareo e P.Roda, Il mercato dei sogni, (Il Saggiatore), Milano 1996;

E.Pucci (a cura di), L'industria della comunicazione in Italia, (Guerini), Milano 1996

ESAME

L'esame prevederà a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta.

UM005 STORIA DELLA FILOSOFIA CONTEMPORANEA + ESTETICA (CORSO INTEGRATO)

Periodo didattico: 2 Nuova attivazione
Docenti: **Gianni VATTIMO** (e **Roberto SALIZZONI**)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Breve storia della filosofia novecentesca centrato sul tema del rapporto tra "humanities" e mondo tecnico-scientifico: il filo conduttore è dunque ciò che la filosofia novecentesca (e non solo la filosofia in senso stretto: anche autori e testi di campi affini, come: letteratura, sociologia, tecnologia...) ha pensato circa la configurazione principalmente tecno-scientifica del mondo contemporaneo: posizioni polemiche, spesso, ma anche teorie che guardano alla scienza sperimentale come modello di conoscere "vero", e alla tecnologia come a luogo di sperimentazione per una nuova forma di umanità. Il corso non privilegia (anche se non ignora) le riflessioni filosofiche sulla scienza, non è cioè un corso di epistemologia; e anzi ritiene indispensabile allargare la prospettiva sulla storia delle idee nel senso più generale della parola.

PROGRAMMA

I contenuti dei due corsi, strettamente integrati tra loro, prevedono lo sviluppo della storia dei principali movimenti filosofici del Novecento centrata sul rapporto esistenza-tecnica. In particolare si approfondiranno i seguenti temi:

- Lo spirito dell'avanguardia: E. Bloch e l'espressionismo
- Tempo vissuto e libertà in Bergson
- Esistenzialismo e autenticità
- La scuola del sospetto: Nietzsche, Freud, Marx
- La scienza come modello: Wittgenstein, Popper
- La scuola di Francoforte e la critica della razionalizzazione
- Nichilismo: Sartre, Heidegger, Pareyson
- Dalla linguistica all'antropologia e dall'antropologia alla linguistica: Lévi Strauss, Bateson, la scuola di Palo Alto e la pragmatica della comunicazione.
- Postmoderno e narratività: Lyotard e P. Ricoeur
- Arte e tecnologia moderna
- Le grandi svolte dell'etica
- Il dialogo, la virtù, la comunità
- Filosofia della religione, il problema del sacro

BIBLIOGRAFIA

G. Vattimo, *Tecnica ed esistenza*, Paravia, Torino, 1998
AA. VV., *Dizionario di filosofia e scienze umane*, Garzanti
Durante il corso sarà fornito dal docente ulteriore materiale didattico.

ESAME

L'esame prevederà a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta.

UM006 STORIA DELLA TECNICA

Periodo didattico: 1
Docente: **Vittorio MARCHIS**

PRESENTAZIONE 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 e sulla sua storiografia. Nel seguito sono passati in rassegna i sistemi tecnici più significativi, a partire da alcuni cenni sul mondo antico sino a focalizzare l'attenzione sul mondo contemporaneo. E' dato ampio spazio alle problematiche della tecnica nel XIX e XX secolo.

PROGRAMMA

La storia come scienza. Le scritture, i documenti, la ricerca storica.
I temi e le idee della storia. Cronologia e storia. La storia e "le storie". Le scritture come fondamento della storia: il documento. La storia della tecnica e la sua storiografia. La storia della tecnica e la storia della scienza. Gli strumenti della storia della tecnica.

- Dal mondo antico al Medioevo (cenni).
- Dal Rinascimento al Seicento.

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 Settecento e la coscienza della tecnologia.

L'Illuminismo e le Enciclopedie. La Rivoluzione industriale in Gran Bretagna. L'industria dei metalli e gli arsenali. Il vapore. L'istruzione tecnica.

- L'Ottocento e il trionfo delle macchine.

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. 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.

LABORATORI E / O ESERCITAZIONI

Durante il corso, gli studenti a gruppi affronteranno la lettura critica di testi significativi della storiografia dei sistemi tecnici, con particolare riferimento al secolo XX e i cui risultati saranno oggetto di discussione collettiva durante le esercitazioni.

BIBLIOGRAFIA

Marchis, *Storia delle macchine*, (Ed. Laterza), Roma-Bari 1994;
V. Marchis (a cura di), *Storia delle scienze. vol.V (Conoscenze scientifiche e trasferimento tecnologico)*, (Einaudi), Torino 1995.

ESAME

L'esame prevederà a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta.

UM007 TEORIA DEI LINGUAGGI

Periodo didattico: 2
Docente: **Alberto VOLTOLINI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso intende fornire alcune nozioni fondamentali di analisi del linguaggio, utili a comprendere il modo in cui funzionano sia le lingue naturali (come l'italiano, l'inglese ecc.) sia i linguaggi artificiali come quelli usati dalla matematica o dall'informatica. Queste nozioni fondamentali sono state elaborate nell'ambito di teorie filosofiche, linguistiche e psicologiche; si tratterà quindi di familiarizzarsi con alcune di queste teorie, come la teoria della sintassi di Chomsky, la semantica formale creata da Tarski e poi applicata sia allo studio delle lingue naturali, sia a quello dei linguaggi artificiali, e la pragmatica , una teoria filosofica creata da Austin, Searle e Grice e oggi applicata soprattutto in linguistica, per comprendere a quali condizioni un atto linguistico è appropriato o "felice". Verranno presentate anche alcune teorie psicologiche (come la teoria dei prototipi) che sono pertinenti allo studio del linguaggio, in particolare a quello del significato delle parole.
La maggior parte di queste idee sono state e sono tuttora usate in intelligenza artificiale, specialmente nel settore detto 'elaborazione automatica del linguaggio naturale'. Il corso si soffermerà quindi anche sulle forme di rappresentazione del significato più usate in intelligenza artificiale (reti semantiche, frames) e sulla loro relazione con le teorie del linguaggio sopra citate.

PROGRAMMA

- Alcuni concetti fondamentali: sintassi, semantica, pragmatica, sintagma, enunciato; proposizione, termine singolare (nomi propri, descrizioni)
- Punti di vista sul linguaggio : linguistica; teoria dei linguaggi formali; filosofia del linguaggio (semantica filosofica); psicologia (psicolinguistica); intelligenza artificiale (elaborazione del linguaggio naturale); semiologia
- Sintassi: l'evoluzione del programma di Chomsky ; la fase attuale della grammatica generativa; altre teorie sintattiche
- Semantica: concetti introduttivi: senso, denotazione, forma logica; stereotipi e prototipi; semantica formale e sua applicazione alle lingue naturali; semantica linguistica (analisi componenziale, relazioni di senso); strutture semantiche impiegate in intelligenza artificiale
- Pragmatica; teoria degli atti linguistici; teoria della conversazione

BIBLIOGRAFIA

M.Santambrogio (a cura di), *Introduzione alla filosofia analitica del linguaggio*, (Laterza), Roma-Bari 1992;
P.Casalegno, *Filosofia del linguaggio*, (la Nuova Italia Scientifica), Roma 1997.

ESAME

L'esame prevederà a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta.