

**Guide ai programmi dei corsi
1994/95**



Politecnico di Torino

Ingegneria chimica

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

*Corso di laurea**Presidente**Settore civile/edile:*

Prof. Giovanni Barla

Ingegneria civile

Ingegneria edile

Ingegneria aeronautica

Prof. Gianfranco Chiocchia

Ingegneria chimica

Prof. Vito Specchia

Ingegneria dei materiali

Prof. Carlo Gianoglio

Ingegneria elettrica

Prof. Franco Villata

Ingegneria meccanica

Prof. Rosolino Ippolito

Ingegneria nucleare

Prof. Evasio Lavagno

Settore dell'informazione:

Prof. Paolo Prinetto

Ingegneria delle telecomunicazione

Ingegneria elettronica

Ingegneria informatica

Ingegneria gestionale

Prof. Agostino Villa

Ingegneria per l'ambiente e il territorio

Prof. Antonio Di Molfetta

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

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

Stampato nel mese di ottobre 1994

Indice

- 5 Ingegneria chimica : Presentazione
- 11 Programmi degli insegnamenti
- 59 Indice alfabetico degli insegnamenti
- 63 Indice alfabetico dei docenti

Le Guide ai 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 1994/95 sono attivati a Torino tredici *corsi di laurea*, in ingegneria

civile (D)	edile (G)	
chimica (C)	dei materiali (E)	nucleare (Q)
aeronautica (B)	meccanica (P)	elettrica (H)
elettronica (L)	informatica (N)	delle telecomunicazioni (F)
gestionale (M)	per l'ambiente e il territorio (R)	

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 didattico¹ 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 40–50 ore di attività didattiche e corrisponde a mezza annualità. Un *corso integrato* è costituito da 80–120 ore di attività didattiche e corrisponde ad una annualità; esso è svolto – in moduli coordinati di almeno 20 ore ciascuno – da due o, al massimo, tre professori che fanno tutti parte della commissione d'esame.

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

Ogni corso di laurea corrisponde a 29 annualità complessive, ripartite, in ognuno dei cinque anni di corso, su due *periodi didattici* (detti anche impropriamente semestri); ogni periodo didattico è di durata pari ad almeno 13 settimane effettive di attività. Un'altra novità introdotta dal DPR 20 maggio 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. Lo stesso nuovo Statuto stabilisce l'articolazione dei vari corsi di laurea in termini di *gruppi* e di *unità didattiche*, cosicché ogni Consiglio di corso di laurea può più facilmente adeguare annualmente il piano degli studi alle nuove esigenze richieste dal rapido evolversi delle conoscenze e degli sviluppi tecnologici. Perciò ogni anno i vari Consigli dei corsi di laurea stabiliscono gli insegnamenti ufficiali, obbligatori e non obbligatori, che costituiscono le singole annualità, e le norme per l'inserimento degli insegnamenti non obbligatori, eventualmente organizzati in orientamenti.

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

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

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

- alcuni corsi di laurea introducono già al terzo anno una scelta di corsi di indirizzo o di orientamento, che richiedono la formulazione di un'opzione fra le scelte segnalate: tali opzioni vanno esercitate all'atto dell'iscrizione;
- in relazione a talune difficoltà, che possono verificarsi all'atto dell'accorpamento di taluni CL per le discipline di carattere propedeutico (del primo e secondo anno), non è assicurata che 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").

² Pubblicato sulla *Gazzetta ufficiale* n. 186 del 1989-08-10.

³ Questi *gruppi* coincidono con quelli dei raggruppamenti concorsuali per i professori universitari.

Corso di laurea in

Ingegneria chimica

1 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.

2 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.

3 Quadro didattico degli insegnamenti obbligatori

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

C0231 : Analisi matematica 1
C0621 : Chimica 1

1:2 C2300 : Geometria
C1901 : Fisica 1
C2170 : Fondamenti di informatica

2:1 C0232 : Analisi matematica 2
C1902 : Fisica 2
C0624 : Chimica 2 (ridotto)
C0694 : Chimica organica (ridotto)

2:2 C1660 : Elementi di meccanica teorica e applicata
C5570 : Tecnologia dei materiali e chimica applicata
C0290 : Applicazioni industriali elettriche

3:1 C5975 : Termodinamica dell'ingegneria chimica + Elettrochimica (integrato)
C4600 : Scienza delle costruzioni
C0510 : Calcolo numerico

3:2 C3991 : Principi di ingegneria chimica 1
C3430 : Metallurgia fisica
C0661 : Chimica industriale 1

4:1 C0395 : Principi di ingegneria chimica 2 + Cinetica chimica applicata (integrato)
C3110 : Macchine
W

4:2 C2601 : Impianti chimici 1
C3040 : Istituzioni di economia
C0945 : Costruzione di macchine + Disegno tecnico industriale (integrato)

5:1 C2605 : Impianti chimici 2 + Ingegneria chimica ambientale (integrato)
C0665 : Chimica industriale 2 + Sicurezza e protezione ambientale (integrato)
C1710 : Elettronica applicata
T

5:2 X
Y
Z

4 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 verranno fissati dal Consiglio di Corso di Laurea.

Orientamento *Impiantistico*

- W C5850 : Teoria dello sviluppo dei processi chimici
- T C4060 : Processi di trattamento degli effluenti inquinanti
- X C2660 : Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti
- Y C4450 : Reattori chimici
- Z C1300 : Dinamica e controllo dei processi chimici oppure
C4170 : Progettazione di apparecchiature dell'industria chimica oppure
C5440 : Tecnica della sicurezza ambientale oppure
C0910 : Corrosione e protezione dei materiali metallici

Orientamento *Processistico*

- W C5610 : Tecnologia del petrolio e petrolchimica
- T C5850 : Teoria dello sviluppo dei processi chimici oppure
C1680 : Elettrochimica e tecnologie elettrochimiche oppure
C4030 : Processi biologici industriali
- X C4050 : Processi di produzione di materiali macromolecolari
- Y C0590 : Catalisi industriale oppure
C4080 : Processi industriali della chimica fine
- Z C4070 : Processi elettrochimici oppure
C5700 : Tecnologie industriali oppure
C5320 : Strumentazione industriale chimica

Orientamento *Metallurgico*

- W C4780 : Siderurgia
- T C1700 : Elettrometallurgia
- X C3430 : Metallurgia fisica
- Y C5710 : Tecnologie metallurgiche
- Z C4638 : Scienza e tecnologia dei materiali ceramici oppure
C0910 : Corrosione e protezione dei materiali metallici

Orientamento Biochimico-alimentare

- W C3980 : Principi di ingegneria biochimica oppure
C5850 : Teoria dello sviluppo dei processi chimici
T C4030 : Processi biologici industriali
X C2590 : Impianti biochimici
Y C2660 : Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti
X C2610 : Impianti chimici e processi dell'industria alimentare
-

Programmi degli insegnamenti

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

C 0231 Analisi matematica 1

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

Prof. Stefania De Stefano Viti (Matematica)

PROGRAMMA

Teoria sugli insiemi.

Insiemi di numeri e loro proprietà: numeri interi, razionali, reali.

Elementi di geometria analitica piana.

Limiti di funzioni di variabile reale.

Successioni.

Continuità e derivabilità.

Proprietà delle funzioni continue e delle funzioni derivabili in un intervallo.

Funzioni elementari.

Approssimazione di funzioni: sviluppi di Taylor.

Integrali indefiniti.

Integrazione definita (secondo Riemann). Integrali impropri.

Equazioni differenziali del primo ordine (a variabili separabili, omogenee e lineari)

Equazioni differenziali del secondo ordine riconducibili al primo ordine.

Equazioni differenziali lineari del secondo ordine a coefficienti costanti.

C 0621 Chimica 1

Anno: periodo 1:1 Impegno (ore): lezioni 78 esercitazioni 40 (settimanali 6/4)

Docente da nominare

Il corso si propone di fornire le basi teoriche necessarie per la comprensione e l'interpretazione dei fenomeni chimici e di dare una breve rassegna delle proprietà degli elementi comuni e dei loro principali composti.

Esso si articola di conseguenza in tre parti: di chimica generale alla quale vengono dedicate circa 60 ore di lezione; una di chimica inorganica (circa 20 ore di lezione) ed una di chimica organica (5-10 ore di lezione).

REQUISITI. Per seguire con profitto il corso sono sufficienti le nozioni di base relative alle leggi generali della chimica, alla simbologia e alla nomenclatura.

PROGRAMMA

Chimica generale.

Sistemi omogenei ed eterogenei. Concetto di fase, di composto, di elemento. Leggi fondamentali della chimica. Teoria atomico-molecolare. Legge di Avogadro. Determinazione dei pesi atomici e molecolari. Concetto di mole. Calcoli stechiometrici.

Sistema periodico degli elementi. Il modello atomico di Bohr. L'atomo secondo la meccanica quantistica. Interpretazione elettronica del sistema periodico. I raggi X. Legame ionico, covalente, metallico. Legami intermolecolari. Grado di ossidazione. Isotopia. Energia di legame dei nucleoni. Radioattività. Fenomeni di fissione e di fusione nucleare.

Leggi dei gas. Dissociazione termica. Teoria cinetica dei gas. Legge di Graham. Calore specifico dei gas.

Lo stato solido. Reticolo cristallino e cella elementare. Difetti reticolari. Soluzioni solide.

Lo stato liquido. Equazione di Clausius-Clapeyron. Tensione di vapore delle soluzioni. Crioscopia. Pressione osmotica.

Energia interna ed entalpia. Effetto termico delle reazioni. Entropia ed energia libera di reazione. Velocità di reazione. Catalisi. Legge dell'azione di massa. Principio dell'equilibrio mobile. Regola delle fasi. Diagrammi di stato a uno e due componenti. Applicazione della legge delle fasi agli equilibri chimici eterogenei.

Soluzioni di elettroliti. Elettrolisi. Costante di ionizzazione. Prodotto ionico dell'acqua. Acidi e basi. *pH*. Idrolisi. Prodotto di solubilità. Soluzioni tampone. Potenziale d'elettrodo. Serie elettrochimica. Tensioni di decomposizione. Potenziali di ossido-riduzione.

Chimica inorganica.

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

Chimica organica.

Cenni su idrocarburi saturi e insaturi e derivati alogenati; alcoli, aldeidi, chetoni, acidi organici, esteri, ammine, ammidi, nitrili; benzene e suoi omologhi, fenoli, nitroderivati, ammine aromatiche.

ESERCITAZIONI. Le esercitazioni sono dedicate all'ampliamento di alcuni argomenti oggetto di lezione, ad esperienze di laboratorio e a calcoli relativi agli argomenti di chimica generale. Esse vengono integrate dalla proiezione di film didattici.

BIBLIOGRAFIA.

- C. Brisi, V. Cirilli, *Chimica generale e inorganica*, Levrotto & Bella, Torino.
 M.J. Sienko, R.A. Plane, *Chimica : principi e proprietà*, Piccin, Padova.
 C. Brisi, *Esercitazioni di chimica*, Levrotto & Bella, Torino.
 P. Silvestroni, *Fondamenti di chimica*, Veschi, Roma.
 L. Rosemberg, *Teoria e applicazioni di chimica generale*, Collana Schaum, ETAS
 Kompass.
 M. Montorsi, *Appunti di chimica organica*, CELID, Torino.

C 1901 Fisica 1

Anno:periodo 1:2 Impegno (ore): lezioni 75 esercitazioni 25 laboratori 10 (settimanali 6/2)

Prof. Aurelia Stepanescu Sansoè (Fisica)

Il corso si propone di fornire gli elementi di base necessari per la comprensione della meccanica del punto e dei sistemi, con particolare riguardo al corpo rigido e ai fluidi, dell'ottica geometrica in sistemi ottici centrati, della fisica matematica del campo gravitazionale e coulombiano, dell'elettrostatica nel vuoto.

PROGRAMMA

Metrologia.

Misurazione e incertezza. Sistemi di unità di misura. Analisi dimensionale. Metodo dei minimi quadrati.

Cinematica del punto.

Moto rettilineo e curvilineo. Moto relativo (classico e relativistico) e covarianza delle leggi fisiche. Riferimenti inerziali e non inerziali.

Dinamica del punto.

Tre principi di Newton. Forze d'inerzia (pseudo-forze). Interazioni: gravitazionale, elettrostatica, elastica. Vincoli e attrito radente (statico e dinamico). Attrito del mezzo (viscoso e idraulico). Lavoro, potenza. Teorema lavoro-energia cinetica.

Statica del punto.

Campi conservativi.

Gradiente. Potenziale. Energia potenziale. Conservazione dell'energia meccanica. Teorema di Stokes. Teorema e legge di Gauss. Campo gravitazionale e coulombiano. Equazione di Poisson.

Oscillazioni: armonica semplice, smorzata, forzata. Risonanza. Oscillatore anarmonico. Oscillatori accoppiati.

Dinamica dei sistemi.

Centro di massa. Prima equazione cardinale. Conservazione della quantità di moto. Seconda equazione cardinale. Conservazione del momento angolare. Corpo rigido. Assi principali d'inerzia. Giroscopio.

Statica dei sistemi.

Meccanica dei fluidi.

Legge di Stevino. Legge di Archimede. Equazione di continuità. Teorema di Bernoulli.

Onde elastiche.

Ottica geometrica.**Elettrostatica nel vuoto.**

Potenziale di una carica e di un dipolo. Conduttori in equilibrio. Cariche in moto in un campo elettrostatico.

ESERCITAZIONI

In aula: esercizi applicativi sul programma del corso.

In laboratorio (*computer on line*): misurazione di spostamenti e velocità in caduta libera, e dell'accelerazione di gravità; misurazione del periodo del pendolo semplice in funzione della lunghezza e dell'elongazione; misura dell'indice di rifrazione con il prisma.

BIBLIOGRAFIA

R. Resnick, D. Halliday, *Fisica, Parte I*, Ambrosiana, Milano, 1982.

C. Mencucci, V. Silvestrini, *Fisica*, Liguori, Napoli, 1987.

D.E. Roller, R. Blum, *Fisica, vol. 1 e 2*, Zanichelli, Bologna, 1984.

M. Alonso, E. J. Finn, *Elementi di fisica per l'università, vol. 1*, Masson, Milano, 1982.

G. A. Saladin, *Problemi di fisica I*, Ambrosiana, Milano, 1986.

S. Rosati, R. Casali, *Problemi di fisica generale*, Ambrosiana, Milano, 1983.

P. Mazzodi, M. Nigro, C. Voci, *Fisica*, SES, Napoli, 1991.

C 2170 Fondamenti di informatica

Anno:periodo 1:2 Impegno (ore): lezioni 74 esercitazioni 24 laboratori 24 (settimanali 6/2/2)

Prof. Silvano Gai (Automatica e informatica)

Il corso intende presentare i fondamenti dell'informatica, con lo scopo di fare acquisire agli allievi una discreta "manualità" nell'uso degli elaboratori, attraverso l'impiego di strumenti di produttività individuale e di linguaggi di programmazione.

Verranno inoltre fornite nozioni introduttive sulla struttura di un elaboratore, sulla rappresentazione dell'informazione al suo interno e sui principali componenti *software* che costituiscono un sistema informativo.

Il corso può essere considerato propedeutico per molti corsi di carattere matematico-fisico che richiedono l'uso del calcolatore per le esercitazioni e lo sviluppo di casi di studio su elaboratori.

PROGRAMMA*I fondamenti.*

Sistemi di numerazione. Algebra booleana e funzioni logiche. Codifica dell'informazione.

L'architettura di un sistema di elaborazione.

Hardware e software. Unità centrale di elaborazione (CPU). Principi base di funzionamento. Varie fasi dell'esecuzione di una istruzione. Cenni sui linguaggi macchina. Struttura a *bus*. Memoria centrale (RAM e ROM). Memoria di massa (*hard e floppy disc*, nastri). Unità di ingresso-uscita (tastiera, video, *mouse* e stampanti). Cenni di tecnologia microelettronica.

Il software.

Software di base, *software* applicativo, *software* di produttività individuale. Caratteristiche principali del sistema operativo MS-DOS. Fasi dello sviluppo di un programma. I principi della programmazione strutturata. Elementi di programmazione

Pascal. *Software* di produttività individuale: classificazione. I *word processor*: Wordstar IV. Fogli elettronici: il Lotus 123.

I sistemi informativi.

Tipologia architetturale dei sistemi informativi: *personal computer*, *minicomputer*, *workstation* e *mainframes*. I sistemi operativi: *multi-task*, *multi-user*, *real time*. Interconnessione in rete di elaboratori. Cenni di telematica.

ESERCITAZIONI E LABORATORI

Sono previste esercitazioni su *personal computer* in aula e presso i LAIB su: utilizzo del *word processor* Wordstar IV, programmazione in Pascal, utilizzo del foglio elettronico Lotus 123.

BIBLIOGRAFIA

Peter Bishop, *Informatica generale, Vol. 1 e 2*, Jackson.

Judy Bishop, *Pascal: corso di programmazione*, Addison Wesley.

C 2300 Geometria

Anno:periodo 1:2 Impegno (ore): lezioni 74 esercitazioni 46 (settimanali 6/4)

Prof. Nives Catellani (Matematica)

Il corso si propone di fornire agli studenti una preparazione di base per lo studio di problemi con l'uso di coordinate in relazione alla geometria analitica e di calcolo matriciale in relazione all'algebra lineare.

REQUISITI. Operazione di derivazione ed integrazione inerenti al corso di *Analisi matematica 1*, elementi di geometria e trigonometria della scuola media superiore.

PROGRAMMA

Calcolo vettoriale.

Elementi di geometria analitica del piano, studio di coniche, coordinate polari e numeri complessi.

Geometria analitica dello spazio: piano, rette, questioni angolari, distanze. Proprietà generali di curve e superfici, sfere e circonferenze, coni, cilindri, superfici di rotazione, quadriche.

Elementi di geometria differenziale delle curve.

Spazi vettoriali, applicazioni lineari. Matrici e sistemi lineari.

Risoluzione di equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti di ordine n .

Autovalori ed autovettori. Forma canonica di Jordan. Spazi euclidei.

BIBLIOGRAFIA

Greco, Valabrega, *Lezioni di algebra lineare e geometria*, Levrotto & Bella, Torino.

Esercizi di algebra lineare e geometria analitica, CELID.

C 0232 **Analisi matematica 2**

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

Prof. Maria Mascarello (Matematica)

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

REQUISITI. Si richiede allo studente il possesso dei metodi di calcolo e delle considerazioni di carattere teorico forniti dai corsi di *Analisi matematica* e di *Geometria*.

PROGRAMMA

Funzioni continue di più variabili.

Calcolo differenziali in più variabili.

Calcolo differenziale su curve e superfici.

Integrali multipli.

Integrali su curve e superfici.

Spazi vettoriali normati e successioni di funzioni.

Serie numeriche e serie di funzioni.

Serie di potenze.

Serie di Fourier.

Equazioni e sistemi differenziali.

BIBLIOGRAFIA.

A. Bacciotti, F. Ricci, *Lezioni di Analisi matematica II*, Levrotto & Bella, Torino, (nuova edizione) 1991.

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

C 0624 **Chimica 2** (Corso ridotto, 1/2 annualità)

Anno:periodo 2:1 Impegno (ore): lezioni 23 esercitazioni 12 laboratori 15 (settimanali 2/1/2)

Prof. Franco Ferrero (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso intende approfondire la conoscenza della chimica generale e inorganica e fornire, attraverso l'esame delle relazioni chimico-fisiche del sistema periodico e la trattazione degli equilibri chimici, i fondamenti di tipo chimico di un corso ingegneristico.

REQUISITI. Sono propedeutiche le nozioni impartite nel corso di *Chimica 1*.

PROGRAMMA

Il corso comprende una prima parte a carattere generale in cui vengono ripresi alcuni concetti fondamentali di chimica, la reazione chimica e il suo aspetto qualitativo e quantitativo, l'equilibrio chimico da un punto di vista cinetico e termodinamico con le relative costanti ed i fattori che lo influenzano, gli equilibri in soluzione, la dissociazione elettrolitica, gli elettroliti forti e deboli, gli acidi e le basi (teorie di Arrhenius, Brønsted e Lewis), il *pH*.

Nella seconda parte sono trattati quattro tipi fondamentali di reazioni: acido-base, precipitazione, ossido-riduzione, formazione di complessi.

ESERCITAZIONI

In aula vengono svolte esercitazioni di calcolo riguardanti l'applicazione dei principi teorici relativi ai diversi equilibri: sono calcolati il pH e le concentrazioni delle diverse specie all'equilibrio di soluzioni di acidi e basi deboli, di soluzioni tampone, di acidi poliprotici e basi poliacidiche, di anfoteri, di acidi deboli più basi deboli. Sono inoltre eseguiti calcoli relativi a reazioni di neutralizzazione, a reazioni di precipitazione (solubilità e prodotto di solubilità), a reazioni di ossido-riduzione (potenziali, equazione di Nernst, costanti di equilibrio).

LABORATORI. In laboratorio vengono eseguite dagli studenti esercitazioni relative all'applicazione delle reazioni con misure volumetriche e potenziometriche elaborate statisticamente secondo la teoria degli errori.

BIBLIOGRAFIA

M. Freni, A. Sacco, *Stechiometria*, 4. ed., CEA, Milano, 1992.

P. Michelin Lausarot, G.A. Vaglio, *Fondamenti di stechiometria*, Piccin, Padova, 1988.

C 0694 Chimica organica

(Corso ridotto, 1/2 annualità)

Anno:periodo 2:1 Impegno (ore): lezioni 40 esercitazioni 10 (settimanali 3/1)

Prof. Franco Ferrero (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso, oltre a fornire agli allievi i fondamenti della chimica dei composti organici, intende chiarire gli aspetti di base delle reazioni inerenti i processi della chimica industriale organica.

REQUISITI. Le nozioni impartite nel corso di *Chimica 1*.

PROGRAMMA

Fondamenti.

Struttura, proprietà e reattività delle molecole organiche. Isomeria e stereochemica.

Chimica dei composti organici.

Nomenclatura; proprietà fisiche e chimiche; fonti industriali; reazioni di preparazione e caratteristiche di: alcani, cicloalcani, alcheni, dieni, alchini, areni, alogenuri, alcoli, fenoli, eteri, epossidi, aldeidi, e chetoni, acidi e derivati, ammine, lipidi, carboidrati, amminoacidi e proteine.

Reazioni organiche.

Natura reagenti, intermedi, meccanismi, aspetti cinetici e termodinamici delle reazioni (radicaliche, eliminazione, addizione, sostituzione, ossidazione e riduzione, sintesi, polimerizzazione).

BIBLIOGRAFIA

R.J. Fessenden, J.S. Fessenden, *Chimica organica*, (2. ed.), Piccin, Padova, 1983.

J. McMurry, *Fondamenti di chimica organica*, Zanichelli, Bologna, 1990.

G. Ruà, *Nomenclatura di chimica organica*, La Scientifica, Torino, 1990.

G. Russo, *Chimica organica*, CEA, Milano, 1980.

C 1902 Fisica 2

Anno: periodo 2:1 Impegno (ore): lezioni 75 esercitazioni 25 laboratori 10 (settimanali 6/2)

Prof. Laura Trossi (Fisica)

La prima parte del corso si propone di fornire gli elementi di base necessari per la comprensione dell'elettromagnetismo nel vuoto e nella materia, della teoria delle onde elettromagnetiche e dell'ottica ondulatoria. La seconda parte è rivolta ai principi fondamentali della fisica atomica. La terza parte è dedicata alla termodinamica.

REQUISITI. Le nozioni impartite nel corso di *Fisica 1*.

PROGRAMMA

Campo elettrico nella materia: dielettrici e conduttori.

Proprietà di trasporto, corrente elettrica, legge di Ohm, effetti termoelettrici.

Campo magnetico nel vuoto e nella materia: sostanze diamagnetiche, paramagnetiche, ferromagnetiche.

Campi elettrici e magnetici dipendenti dal tempo: legge dell'induzione elettromagnetica induttanza e cenni ai circuiti RLC, equazioni di Maxwell.

Onde elettromagnetiche nel vuoto e nella materia: mezzi isotropici e anisotropici.

Ottica ondulatoria: interferenza, diffrazione e polarizzazione della luce.

Interazione della radiazione elettromagnetica con la materia; descrizione effetto fotoelettrico e Compton.

Meccanica quantistica: dualismo onda-particella, principio di indeterminazione di Heisenberg, nozioni introduttive sull'equazione di Schrödinger e funzione d'onda.

Emissione spontanea e indotta: laser.

Termodinamica classica, fino all'introduzione dei potenziali termodinamici, ed elementi di termodinamica statistica: funzione di partizione.

ESERCITAZIONI

Comprendono sia una parte teorica, in cui si propongono e risolvono problemi inerenti alla materia esposta nelle lezioni, sia una parte sperimentale, in cui gli studenti affrontano la problematica della misura di grandezze fisiche, valendosi della strumentazione esistente nei laboratori didattici (uso di strumenti elettrici, misure relative a circuiti elettrici, misura di indici di rifrazione, di lunghezze d'onda con reticoli di diffrazione).

BIBLIOGRAFIA

M. Alonso, E.J. Finn, *Elementi di fisica per l'università*, Vol. 2., Masson, Milano.

Amaldi, Bizzarri, Pizzella, *Fisica generale*, Zanichelli.

Mazzoldi, Nigro, Voci, *Fisica*, (per la parte di termodinamica), SES.

R. Resnick, D. Halliday, *Fisica 1*, Ed. Ambrosiana, Milano, 1982.

Halliday, Resnick, Krane, *Fisica 2*, Ed. Ambrosiana.

C 0290 Applicazioni industriali elettriche

Anno: periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 20 laboratori 10 (settimanali 5/2)

Prof. Gaetano Pessina (Ing. elettrica industriale)

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 (Indicativa)

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

Civalleri, *Elettrotecnica*, Levrotto & Bella.

Bossi, Sesto, *Impianti elettrici*, Hoepli.

C 1660 Elementi di meccanica teorica e applicata

Anno:periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 76 esercitazioni 44 (settimanali 6/3)

Prof. Nicolò D'Alfio (Meccanica)

Il corso si propone di fornire agli studenti i principali elementi teorici ed applicativi della meccanica.

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

PROGRAMMA

Geometria delle masse: baricentri e momenti d'inerzia.

Cinematica: velocità e accelerazione di un punto e di un sistema rigido; metodi grafici per la risoluzione dei problemi di cinematica; tipi principali di legge del moto.

Statica: vincoli e reazioni vincolari; gradi di libertà di un sistema, equazioni di equilibrio; applicazioni delle equazioni di equilibrio per la risoluzione dei problemi di statica.

Dinamica: forze di inerzia, riduzione delle forze d'inerzia; equazioni di equilibrio della dinamica; teorema dell'energia; quantità di moto e momento della quantità di moto.

Forze agenti negli accoppiamenti: aderenza e attrito, attrito nei perni; impuntamento; attrito volvente, rendimenti dei meccanismi; urti.

La trasmissione del moto: giunti, cinghie, catene, funi, paranchi di sollevamento; ingranaggi cilindrici a denti diritti ed elicoidali; ingranaggi conici a denti diritti, forze scambiate negli ingranaggi; rotismi ad assi fissi, riduzione dei momenti di inerzia; rotismi epicicloidali semplici e composti, differenziale; vite e madrevite; vite senza fine e ruote elicoidali; vite a circolazione di sfere; forze scambiate nelle viti; camme; meccanismi per la trasformazione di un moto continuo in un moto intermittente ed in un moto alternativo; freni a tamburo, a disco e a nastro, lavoro dissipato nei freni; frizioni a disco, centrifughe; cuscinetti a rotolamento e a strisciamento.

I sistemi meccanici: accoppiamento tra motori e macchine operatrici; sistemi oscillanti (oscillazioni libere e forzate); sistemi giroscopici; nozioni di meccanica dei fluidi.

ESERCITAZIONI. Nel corso delle esercitazioni vengono svolti esempi illustrativi degli argomenti del corso; una particolare attenzione viene dedicata a mettere in evidenza l'aspetto "reale" dei diversi esercizi proposti.

BIBLIOGRAFIA

Jacazio, Piombo, *Meccanica applicata alle macchine, vol. 1 e 2*, Levrotto & Bella, Torino.

Ferraresi, Raparelli, *Appunti di meccanica applicata*, CLUT, Torino.

C 5570 Tecnologia dei materiali e chimica applicata

Anno:periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 80 esercitazioni 30 laboratori 8 (settimanali 6/3)

Prof. Pietro Appendino (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso verte sullo studio delle proprietà, dei metodi di elaborazione e delle caratteristiche tecnologiche e di impiego dei materiali di più comune utilizzazione nella pratica ingegneristica.

REQUISITI. *Chimica 1 e 2, Chimica organica, Fisica 1.*

PROGRAMMA

Acque per uso industriale. Determinazione, calcolo e metodi di abbattimento della durezza. Deionizzazione con resine scambiatrici. Metodi di distillazione. Elettrodialisi. Osmosi inversa. Cenni sulle acque potabili.

Combustione e combustibili. Caratteristiche e metodi di elaborazione dei principali combustibili solidi, liquidi, gassosi. Carburanti. Lubrificanti. Propellenti.

Materiali solidi.

Richiami sulle strutture cristalline, sulle soluzioni solide, sulle trasformazioni ordine-disordine, sulle fasi intermedie. Difetti reticolari: vacanze, dislocazioni, bordi di grano, geminati; processi di rafforzamento e di addolcimento.

Sistemi eterogenei. Regola delle fasi. Diagrammi di stato binari e ternari.

Materiali ceramici tradizionali e refrattari. Materiali ceramici per tecnologie avanzate. *Materiali leganti aerei.* Cemento Portland, pozzolanico e d'alto forno. Cenni sui calcestruzzi.

Vetro e vetroceramiche.

Materiali ferrosi.

Produzione della ghisa d'alto forno. Diagrammi di stato ferro-cementite e ferro-grafite. Ghise di seconda fusione. Colata e solidificazione degli acciai. Trattamenti termici e termochimici sui materiali ferrosi.

Alluminio. Metallurgia. Principali leghe da getto e da bonifica.

Rame. Proprietà fisico-meccaniche. Ottoni e bronzi.

Zinco, magnesio, titanio.

Materie plastiche. Polimeri e polimerizzazione. Principali tipi di resine termoplastiche e termoindurenti. Elastomeri. Siliconi. Vernici e pitture.

Materiali compositi a matrice polimerica, metallica e ceramica.

ESERCITAZIONI. Proprietà e caratteristiche tecnologiche dei materiali. Criteri di valutazione e calcoli relativi.

LABORATORI

Saggi analitici e tecnologici su acque, combustibili, lubrificanti, materiali leganti e metalli.

BIBLIOGRAFIA

C. Brisi, *Chimica applicata*, Levrotto & Bella, Torino, 1981.

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

C 0510 Calcolo numerico

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

Prof. Paola Baratella (Matematica)

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

REQUISITI. *Analisi 1, Geometria, Fondamenti di informatica.*

PROGRAMMA

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

BIBLIOGRAFIA

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

C 4600 Scienza delle costruzioni

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

Prof. Franco Algotino (Ing. strutturale)

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 infine il problema della stabilità e della non linearità, con trattazione della teoria di Eulero. Oltre alla 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.

Analisi dello stato di deformazione: componenti della deformazione, deformazioni principali, equazioni di congruenza.

Analisi dello stato di tensione: equazioni di equilibrio, cerchi di Mohr, tensioni principali.

Equazione dei lavori virtuali. Teoremi energetici.

Leggi costitutive del materiale. Il corpo elastico: la legge di Hooke. Tensioni ideali, limiti di resistenza.

Il problema di Saint Venant: impostazione generale del problema, flessione deviata, torsione, taglio.

Il principio di Saint Venant: teoria delle travi.

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

Calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti in travature isostatiche ed iperstatiche. Problemi non lineari con grandi deformazioni. Fenomeni di instabilità. L'asta caricata di punta: teoria di Eulero, l'asta oltre il limite elastico.

ESERCITAZIONI.

Gli allievi, in gruppi, guidati dal docente, risolvono problemi concreti, ed eseguono elaborati servendosi di *personal computers*.

BIBLIOGRAFIA.

P. Cicala, *Scienza delle costruzioni, vol. 1 e 2*, Levrotto & Bella, Torino, 1984.

G. Faraggiana, A.M. Sassi Perino, *Applicazioni di scienza delle costruzioni*, Levrotto & Bella, Torino, 1986.

C 5975 Termodinamica dell'ingegneria chimica + Elettrochimica

(Corso integrato)

Anno: periodo 3:1 Impegno (ore): lezioni 84 esercitazioni 40 (settimanali 6/4)

Prof. Mario Maja (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso viene sviluppato con l'intento di dare agli allievi le basi concettuali necessarie per lo studio delle reazioni e dei processi chimici.

REQUISITI. Il corso presuppone la conoscenza della chimica e della fisica.

PROGRAMMA

Termodinamica dell'ingegneria chimica.

Energetica. Leggi della termodinamica generale; i potenziali termodinamici; equazioni di Maxwell; le equazioni fondamentali (Gibbs, Helmholtz, Clapeyron); bilanci energetici.

Potenziali chimici; sistemi quasi perfetti; le leggi dell'equilibrio chimico; calcolo della resa di una reazione; equilibri bifasici; equilibri di membrana.

Interpretazione molecolare della termodinamica. Statistica e cenni di meccanica quantistica chimica.

Sistemi reali. Equazioni di stato; fugacità ed attività.

Sistemi plurifasici. Leggi dell'equilibrio eterogeneo; teoria e rappresentazione dei diagrammi delle fasi.

Fenomeni superficiali e termodinamica dell'adsorbimento.

Elettrochimica.

Energetica elettrochimica.

Diagrammi pH -potenziale; potenziali di membrana.

Proprietà degli elettroliti; elettroliti solidi; sali fusi; ossidi non stechiometrici.

Conversione dell'energia. Generatori primari e secondari.

ESERCITAZIONI

Vengono svolte esercitazioni in aula ed alcune esercitazioni presso il Laboratorio informatico su vari argomenti quali: i calori di soluzione, gli equilibri di riduzione degli ossidi, le miscele reali ecc.

BIBLIOGRAFIA

M. Maja, *Termodinamica per l'ingegneria chimica, vol. I-V*, Levrotto & Bella, Torino.

C 0661 Chimica industriale 1

Anno: periodo 3:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 28 laboratori 20 (settimanali 5/2)

Prof. Giovanni B. Saracco (Scienza dei materiali e ing. chimica)

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.

Nella parte generale del corso, in questo senso, vengono affrontati i principali aspetti termodinamici, cinetici ed in generale chimico-fisici, di una reazione chimica. Da un punto di vista applicativo ed impiantistico vengono considerati nel processo chimico, le caratteristiche delle sostanze coinvolte, le modalità di realizzazione, i bilanci energetici e di materia, le rese; vengono anche prese in esame le interferenze possibili con l'ambiente e, alla luce delle vigenti leggi, i sistemi disponibili per combattere l'inquinamento.

La seconda parte del corso, a titolo di chiarificazione, illustra secondo le prospettive sopra indicate i più importanti processi unitari della chimica industriale organica.

PROGRAMMA

Parte generale.

Linee di produzione ed aspetti economici nell'industria chimica; valutazione complessiva di materia ed energia in un processo chimico.

Fabbisogni idrici nell'industria.

Caratteristiche di impiego, in sicurezza, delle sostanze chimiche.

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.

Calcolo delle proprietà delle sostanze.

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

Dimensionamento di reattori ideali continui e discontinui.

Trasferimento di calore in relazione ai livelli termici del processo chimico.

Parte speciale.

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

ESERCITAZIONI

Nelle esercitazioni in aula vengono illustrati con esempi numerici i concetti di termodinamica e cinetica e 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. Grogins, *Unit process in organic synthesis*, McGraw-Hill.

C 3420 Metallurgia

Anno:periodo 3:2 Impegno (ore): lezioni 78 esercitazioni 10 laboratori 20 (settimanali 6/2)

Prof. Bruno De Benedetti (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso ha lo scopo di fornire criteri razionali di scelta e di controllo dei materiali metallici ed in questo senso affianca le discipline relative alla progettazione, costruzione e conduzione di impianti chimici e meccanici.

Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni; verso la fine del corso sono previste visite a stabilimenti.

REQUISITI. Oltre ai corsi propedeutici tradizionali (chimica e fisica) è opportuno avere acquisito nozioni di *Termodinamica dell'ingegneria chimica*, *Tecnologia dei materiali e chimica applicata*, *Scienza delle costruzioni*.

PROGRAMMA

Metallurgia generale.

Struttura dei metalli; riflessi dei diagrammi di stato dei sistemi metallici sulle caratteristiche delle leghe corrispondenti; proprietà meccaniche, chimiche (corrosione, ossidazione ad alta temperatura), elettriche e magnetiche; fenomeni di scorrimento viscoso a caldo; metallografia ottica e roentgenografia; macrografia; frattografia.

Tecnologia dei materiali metallici.

Processi ed impianti di fabbricazione; lavorazione plastica e all'utensile; sistemi di giunzione; trattamenti termici; ricotture, normalizzazione, tempra ordinaria, tempre speciali, rinvenimento; tempra di solubilizzazione e fenomeni di invecchiamento; cementazione; nitrurazione; impianti per trattamenti termochimici; previsione delle proprietà meccaniche dopo trattamento.

Materiali ferrosi.

Acciai al carbonio; classificazione; usi; caratteristiche strutturali e di impiego degli acciai legati; leghe per turbine; materiali metalloceramici.

Leghe e metalli non ferrosi.

Pame; ottoni; bronzi comuni e speciali; cupralluminio; alluminio; raffinal; leghe di alluminio per getto e per trattamento termico; magnesio, titanio; zinco; piombo; nichel; cobalto; cromo; manganese; niobio; vanadio; silicio; germanio; lantanidi; attinidi; materiali compositi a matrice metallica.

ESERCITAZIONI

Prove fisico-meccaniche. Metallografia ottica e roentgenografica. Calcoli di temprabilità degli acciai e di diffusione superficiale di interstiziali in presenza di ambienti carburanti e carbonitruranti.

LABORATORI

Prove fisico-meccaniche. Metallografia ottica e roentgenografica. Frattografia.

BIBLIOGRAFIA

- A. Burdese, *Metallurgia e tecnologia dei materiali metallici*, UTET, Torino, 1992.
 A.H. Cottrel, *An introduction to metallurgy*, Arnold, London.
 A.R. Bailey, *A text-book of metallurgy*, McMillan, London.
 F. Dieter, *Mechanical metallurgy*, McGraw-Hill - Kogakusha, Tokio.

C 3991 Principi di ingegneria chimica 1

Anno: periodo 3:2 Impegno (ore): lezioni 65 esercitazioni 52 (settimanali 5/4)

Prof. Giancarlo Baldi (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso si propone di illustrare i fondamenti del trasporto di materia, energia e quantità di moto. Sono anche dati concetti fondamentali di cinetica chimica e fisica.

REQUISITI. *Termodinamica per l'ingegneria chimica*, i corsi di *Analisi matematica*.

PROGRAMMA

Cinetica delle reazioni chimiche. Teoria della velocità delle reazioni; energia di attivazione; reazioni a catena; reazioni bimolecolari in fase di gas; reazioni in fase liquida. Bilancio macroscopico di materia, energia, quantità di moto; idrostatica.

Equazioni costitutive di Fick, Fourier, Newton; cenni ai fluidi non newtoniani.

Equazioni del moto; tensore degli sforzi; equazione di Navier-Stokes e Eulero; equazione dell'energia globale, meccanica e tecnica; equazione di variazione di materia.

Fenomenologia della turbolenza; tensore degli sforzi di Reynolds; profili di velocità in tubi circolari, fattore di attrito e fattore di forma, velocità di decantazione. Equazione di variazione in flusso turbolento di massa ed energia.

Trasporto all'interfaccia: coefficienti integrali di scambio; resistenze in serie; coefficienti globali; resistenze controllanti.

Cinetiche di cambiamento di fase: evaporazione, condensazione, cristallizzazione.

ESERCITAZIONI

Consistono nell'esecuzione di calcoli relativi ai concetti sviluppati a lezione.

BIBLIOGRAFIA

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

C 3110 Macchine

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

Prof. Matteo Andriano (Energetica)

Nel corso vengono esposti i principi termodinamici e fluidodinamici necessari ad una corretta comprensione del funzionamento delle macchine. 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 accorto sia nella scelta delle macchine stesse, 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 saranno sviluppati i concetti mentre nelle esercitazioni verranno 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 e operatrici a fluido. Classificazioni. Richiami di termodinamica.

Considerazioni generali sulle turbomacchine. Principi fluidodinamici e termodinamici. Studio delle trasformazioni ideali e reali nei condotti.

Cicli e schemi di impianto a vapore, semplici, combinati, a ricupero, ad accumulo per produzione di energia e calore. Le turbine a vapore semplici e multiple, ad azione ed a reazione, assiali e radiali; regolazione; cenni costruttivi e problemi meccanici tipici. La condensazione. Possibilità e mezzi. Condensatori a superfici e a miscela.

Compressori di gas.

Turbocompressori. Studio del funzionamento e diagrammi caratteristici. Problemi di installazione. Regolazione. Ventilatori.

Compressori volumetrici alternativi e rotativi. Funzionamento. Regolazione.

Turbine a gas. Cicli termodinamici semplici e complessi. Organizzazione meccanica e regolazione.

Macchine idrauliche motrici ed operatrici.

Turbine idrauliche tipiche.

Le pompe volumetriche e quelle centrifughe. Campi di impiego. Caratteristiche di funzionamento. Problemi di scelta e di installazione. La cavitazione. Trasmissioni idrauliche.

I motori alternativi a combustione interna. Studio dei cicli. Funzionamento dei motori ad accensione spontanea e comandata. La combustione. La regolazione.

ESERCITAZIONI. Le esercitazioni sono sempre applicazioni numeriche a casi reali, dei concetti sviluppati a lezione, ed hanno lo scopo sia di migliorare la comprensione dei concetti, sia di dare gli ordini di grandezza.

BIBLIOGRAFIA

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

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

A. Dadone, *Macchine idrauliche*, CLUT, Torino.

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

A. Beccari, *Macchine*, CLUT, Torino.

C 0395 Principi di ingegneria chimica 2 + Cinetica chimica applicata

(Corso integrato)

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

Prof. Silvio Sicardi (Scienza dei materiali e ing. chimica)

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

Principi di ingegneria chimica 2.

Progetto di apparecchiature di separazione a stadi. Richiami di equilibrio termodinamico; stadio di equilibrio, stadi multipli a correnti incrociate, in controcorrente, in controcorrente con riflusso. Applicazioni al progetto di operazioni chimiche. Cenni a condizioni di funzionamento non stazionario.

Modelli fluidodinamici. Modelli di sistema perfettamente miscelato ed a pistone; curve distributive dei tempi di permanenza; modello della dispersione longitudinale; cenni a modellistiche più complesse.

Cinetica chimica applicata.

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.

Reattori chimici ideali. Reattori isotermi, non isotermi ed adiabatici.

Cenni a reattori chimici reali, omogenei ed eterogenei.

ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

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

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

C 4780 Siderurgia

Anno: periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 15 (settimanali 5/1)

Prof. Aurelio Burdese (Scienza dei materiali e ing. chimica)

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.

REQUISITI. *Termodinamica dell'ingegneria chimica, Tecnologia dei materiali e chimica applicata, Metallurgia.*

PROGRAMMA

Chimica fisica dei processi siderurgici.

Equilibri omogenei ed eterogenei in sistemi di interesse siderurgico. Bagni metallici. Equilibri metallo-scoria. Equilibri di riduzione degli ossidi. Termodinamica dei processi siderurgici.

Teoria e pratica dei processi di riduzione.

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.

Preparazione del minerale. Altoforno ed impianti ausiliari. Altoforno elettrico e forni per ferroleghie. Seconda fusione. Inoculazione e colata. Sferoidizzazione e malleabilizzazione. Ghise legate. Caratteristiche di impiego delle ghise.

Acciaio.

Processi di preaffinazione 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.

ESERCITAZIONI

Esame di schemi costruttivi e dimensionamento di apparecchiature ed impianti siderurgici.

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.

C 5610 Tecnologia del petrolio e petrolchimica

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 14 (settimanali 5/1)

Prof. Giuseppe Gozzelino (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso si propone di fornire una informazione di base ed attuale sugli aspetti chimici e tecnologici della trasformazione del petrolio grezzo in prodotti commerciali di largo impiego. Attraverso analisi termodinamiche, cinetiche e processistiche si sviluppa una rassegna e studio delle tecnologie impiegate nella raffinazione del greggio e dei processi sviluppati su scala industriale per ottenere dagli idrocarburi prodotti funzionalizzati di impiego generale e monomeri per la produzione di materiali polimerici.

REQUISITI. *Chimica, Chimica organica, Termodinamica dell'ingegneria chimica, Principi di ingegneria chimica, Chimica industriale.*

PROGRAMMA

Aspetti storici ed economici dell'impiego industriale degli idrocarburi derivati dal petrolio; prodotti industriali di derivazione petrolchimica; caratterizzazione e valutazione tecnologica delle materie prime.

Processi di raffinaria; separazione e purificazione delle miscele idrocarburiche di interesse energetico e petrolchimico; conversione delle frazioni gassose e liquide mediante processi catalitici di *cracking*, alchilazione, isomerizzazione, *reforming*, oligomerizzazione.

Produzione di mono- e diolefine attraverso *steam cracking* e deidrogenazione; separazione e purificazione dei prodotti.

Produzione di aromatici e frazionamento delle miscele BTX; reazioni di interconversione e alchilazione aromatica.

Processi per acetilene, *n*-paraffine, carbonio industriale.

Prodotti di impiego generale e monomeri derivati dalle olefine per idroformilazione, ossidazione, idratazione, alogenazione.

Aspetti di ecologia e sicurezza nell'impiego energetico e chimico dei petrol-derivati.

Processi per l'ottenimento di alcuni prodotti finiti di origine petrolchimica (detergenti, fibre, polimeri).

ESERCITAZIONI. Le esercitazioni consistono in applicazioni, eventualmente in laboratorio, dei concetti sviluppati a lezione.

BIBLIOGRAFIA

C. Giavarini, A. Girelli, *Tecnologia del petrolio*, Siderea, Roma.

C. Giavarini, A. Girelli, *Petrolchimica*, Siderea, Roma.

J.M. Gary, G.E. Handwerk, *Petroleum refining*, Dekker, New York.

C 5850 Teoria dello sviluppo dei processi chimici

Anno:periodo 4,5:1 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 28 (settimanali 4/2)

Docente da nominare

Sono illustrati i criteri per la valutazione e lo sviluppo di un processo chimico sulla base di parametri di mercato, tecnici ed economici. Viene inoltre trattata l'ottimizzazione economica degli impianti e la redditività dei processi.

Il corso si sviluppa con lezioni ed esercitazioni di calcolo indirizzate ad una valutazione quantitativa delle conoscenze acquisite durante le lezioni.

REQUISITI

Le nozioni impartite nei corsi di *Principi di ingegneria chimica* e di *Impianti chimici*.

PROGRAMMA

Definizione di un processo chimico. Fasi e stadi di sviluppo di un processo. Progetto di un processo: schemi di flusso; bilanci di materia e di energia, gradi di libertà. Tecniche sistemistiche per la quantificazione dei processi: metodo dei grafi; determinazione dei cicli massimi; *partitioning*; *tearing*.

Aspetti economici del processo: ricerche di mercato (interesse del prodotto e disponibilità di materie prime). Cenni di matematica finanziaria: interesse, piani di rimborso capitali, deprezzamenti. Valutazioni economiche: flussi dei costi e dei profitti. Investimento richiesto e sua pianificazione. Costo del prodotto e prezzo di indifferenza. Redditività di un processo: parametri legati al tempo, al capitale e all'interesse. Criteri di scelta fra più processi di fabbricazione di uno stesso prodotto in base alla redditività: albero delle decisioni. Implicanze economiche di processi di coproduzione. Economia di scala.

Analisi dei costi. Criteri di valutazione di: costi di impianto e di installazione, capitale circolante; costi delle materie prime; costo della mano d'opera; costo delle *utilities*; costo della manutenzione; interessi sul capitale; costi generali di fabbrica; costi amministrativi; costi di distribuzione e *marketing*.

BIBLIOGRAFIA

D.M. Himmelblau, K.B. Bischoff, *Process analysis and simulation: deterministic systems*, Wiley, New York, 1968.

T.J. Williams, *Systems engineering for the process industries*, McGraw-Hill, New York, 1961.

H. Popper, *Modern cost-engineering techniques*, McGraw-Hill, New York, 1970.

L.A. Kane, *Process control and optimization handbook*, Gulf Publ., Houston, 1980.

C 0945 Costruzione di macchine + Disegno tecnico industriale

(Corso integrato)

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

Prof. Giovanni Roccati (Meccanica)

Prof. Giovanni Podda (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienda)

Il corso si propone di permettere all'allievo di padroneggiare i principali fenomeni statici e dinamici che si incontrano nel progetto di elementi meccanici e strutture tipici degli impianti chimici; si introduce inoltre l'allievo al metodo degli elementi finiti illustrando le applicazioni al calcolatore. La parte integrante di *Disegno tecnico industriale* si occupa della rappresentazione grafica dei recipienti in pressione, soprattutto in relazione alla preparazione dei lembi da saldare ed alla calandratura delle lamiere.

REQUISITI. *Scienza delle costruzioni ed Elementi di meccanica teorica ed applicata.*

PROGRAMMA

Costruzione di macchine.

Tensore e vettore della tensione. Tensioni e direzioni principali; autovalori ed autovettori. Cerchi di Mohr nello spazio. Invarianti. Ipotesi di rottura: materiali fragili e duttili. Teoria della deformazione. Effetti d'intaglio: materiali duttili e fragili; sollecitazioni statiche e a fatica. Fatica cumulativa (Miner); diagrammi e curve *master*: meccanica della frattura: Westergaard, legame fra lunghezza della cricca e tensione applicata; effetto dello spessore. Meccanica della rottura a fatica; piani di controllo della frattura. Gusci assialsimmetrici in campo membranale. Recipienti con e senza intercapedine. Lastre piane sollecitate nel loro piano e tubi spessi. Piastre in flessione debole. Effetti di bordo nei gusci cilindrici.

Coefficienti di sicurezza di carico e di sollecitazione.

Calcolo statico ed a fatica di bulloni e cordoni di saldatura.

Metodo matriciale di rigidità per calcolo strutturale: travi e barre. Cenni su equazione dei lavori virtuali e metodo degli elementi finiti: elementi piani, assialsimmetrici, piastre e gusci a spostamenti assegnati; elementi isoparametrici.

Disegno tecnico industriale.

Tecniche di taglio e trattamenti delle lamiere: lamiere qualificate e non, taglio delle lamiere (ossiacetilenica, al plasma, a getto d'acqua, per via meccanica, mediante elettrodo); lavorazione e stoccaggio. Procedimenti di saldatura; elettrodi speciali acidi e basici; cricche a caldo e a freddo; ritiro del cordone dopo deposizione; riflessi sulla qualità meccanica. Normative su qualificazione dei procedimenti di saldatura e dei saldatori; classi dei giunti di testa e a T a piena penetrazione.

Il sistema di tolleranze ed accoppiamenti UNI-ISO. Cenni sulla tecnologia di lavorazione per asportazione di truciolo.

ESERCITAZIONI E LABORATORI

Esercizi applicativi della teoria. Progetto e disegno di un recipiente in pressione. Applicazioni al calcolatore del metodo degli elementi finiti.

BIBLIOGRAFIA. Appunti del corso.

C 2601 Impianti chimici 1

Anno: periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 65 esercitazioni 52 (settimanali 5/4)

Prof. Romualdo Conti (Scienza dei materiali e ing. chimica)

L'insegnamento fornisce agli allievi 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.

PROGRAMMA

Vengono considerate le principali apparecchiature per le seguenti operazioni:

- a) *trasferimento di calore*: scambiatori di calore a tubi coassiali, a fascio tubiero, a piastre, ecc.; condensatori; evaporatori; elementi per il controllo termico di reattori agitati e serbatoi;
- b) *trasferimento di materia*: lisciviatori (con cenni sulle più comuni apparecchiature di comminuzione); colonne di assorbimento e di distillazione; scambio di materia nei reattori agitati multifasici;
- c) *trasferimento simultaneo di calore e di materia*: essiccatori e cristallizzatori;
- d) *agitazione e miscelazione* di sistema omogenei ed eterogenei con particolare riferimento ai reattori agitati multifasici (sospensione di una fase solida in una liquida continua, dispersione di una fase gassosa gorgogliante, ecc.);
- e) *fluidizzazione*.

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 loro disposizione corredata dai necessari disegni.

BIBLIOGRAFIA

J.M. Coulson, J.F. Richardson, *Chemical engineering. Vol. 2, Unit operations*, Pergamon, Oxford, 1973.

Come testi di consultazione possono essere indicati:

E.E. Ludwig, *Applied process design for chemical and petrochemical plants*, Gulf Publ., Houston.

D.Q. Kern, *Process heat transfer*, McGraw-Hill, London.

N. Hamby, M.F. Edwards, A.W. Nienow, *Mixing in the process industry*, Butterworths, London.

C 3040 Istituzioni di economia

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 40 (settimanali 6/2,4)

Prof. Mercedes BRESSO (Idraulica, trasporti e infrastr. civili)

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.

C 3980 Principi di ingegneria biochimica

Anno:periodo 4:2

(corso non attivato)

C 4450 Reattori chimici

Anno: periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 52 esercitazioni 26 (settimanali 4/2)

Prof. Italo Mazzarino (Scienza dei materiali e ing. chimica)

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

PROGRAMMA

Reazioni catalitiche eterogenee: chemiadsorbimento su superfici catalitiche, diffusione in solidi porosi catalizzatori polifunzionali, supporti catalitici espressione cinetica generalizzata, modelli cinetici semplificati.

Reattori chimici polifasici: reazioni gas-solido non catalitiche, reattori gas-liquido, reattori catalitici gas-liquido-solido, mappe di flusso, efficienza di contatto, reattori sperimentali, reattori con catalizzatore monolitico, modelli fluidodinamici.

Dinamica dei reattori chimici: molteplicità e stabilità degli stati stazionari fenomeni di isteresi termica, analisi del comportamento in condizioni non stazionarie, regimi periodici forzati, disattivazione catalitica (avvelenamento, sinterizzazione e *coking*).

Reattori per polimerizzazione: cinetica delle reazioni di polimerizzazione, distribuzione delle masse molecolari (curve MWD), reattori continui e discontinui per polimerizzazione in fase fluida, processi di trattamento di polimeri allo stato solido.

Sicurezza dei reattori chimici: sicurezza termica dei processi, reazioni secondarie, calorimetria differenziale, misure preventive e protettive, gestione di processi discontinui, casistica di incidenti.

ESERCITAZIONI

Gli allievi, suddivisi in gruppi di 2-3 persone, svolgono alcuni esercizi relativi ad argomenti trattati nel corso:

- identificazione dei parametri cinetici di una reazione catalitica eterogenea mediante regressione non lineare di dati sperimentali;
- studio della fluidodinamica di un reattore continuo gas-liquido-solido;
- analisi del comportamento dinamico di un reattore miscelato in presenza di una reazione chimica esotermica;
- modello per la simulazione di un reattore chimico polifasico.

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

- K.R. Westerterp [et al.], *Chemical reactor design and operation*
G.F. Fromant, K.B. Bischoff, *Chemical reactor analysis and design*

C 0665 Chimica industriale 2 + Sicurezza e protezione ambientale nei processi chimici (Corso integrato)

Anno: periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 80 esercitazioni 25 laboratori 10 (settimanali 6/2)

Prof. Norberto Piccinini (Scienza dei materiali e ing. chimica)

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 contribuiscono alla scelta ed influenzino i processi stessi e le scelte industriali.

PROGRAMMA

Incidenti e rischi nell'industria chimica.

Evoluzione degli incidenti nelle attività industriali. Pericolosità di prodotti e di reazioni chimiche (tossicità delle sostanze chimiche; reazioni di ossidazione ed esplosive). Banche dati incidenti. Valutazione probabilistica dei rischi.

Identificazione degli eventi pericolosi.

Analisi storica. Metodi ad indici (Dow-ICI). Liste di controllo. Revisioni di sicurezza. Analisi di operabilità. *Dot chart*. Analisi dei modi di guasto e degli effetti (FMEA). Eventi esterni.

Evoluzione negli eventi pericolosi.

Diagramma delle sequenze incidentali. Albero dei guasti. Albero degli eventi. Diagramma logico cause-conseguenze.

Stima della frequenza di eventi pericolosi.

Risoluzione quantitativa di alberi logici (richiami di algebra logica). Analisi di congruenza e completezza. Insiemi minimi di taglio (MCS). Principi di affidabilità di componenti e sistemi. Risoluzione di alberi logici con programmi di calcolo. Analisi di sensitività. Dati affidabilistici.

Tecnologie chimiche industriali.

Parte generale. Scelte e criteri per la realizzazione dei processi chimici.

Parte speciale. 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).

Industrie di produzione di: 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; produzione di etilene, altre olefine ed acetilene. Elastomeri (gomma). Zucchero. Cellulosa e derivati.

ESERCITAZIONI E LABORATORI

Analisi particolareggiata di affidabilità e sicurezza di un processo chimico.
Esperienze pratiche di esercitazioni antincendio.

BIBLIOGRAFIA

N. Piccinini, *Affidabilità e sicurezza nell'industria chimica*, SCCFQIM, Barcellona, 1985.

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

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

I. Pasquon, *Chimica industriale 1*, CLUP, Milano.

L. Berti [et al.], *Processi petroliferi e petrolchimici*, D'Anna, Firenze.

C 1680 Elettrochimica e tecnologie elettrochimiche

Anno: periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 40 (settimanali 6/4)

Prof. Paolo Spinelli (Scienza dei materiali e ing. chimica)

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.

PROGRAMMA

Proprietà degli elettroliti.

Conducibilità. Teoria di Arrhenius. Teoria di Debye e Hückel. Coefficienti di attività degli ioni. Numeri di trasporto. Elettroliti solidi.

Studio delle reazioni elettrochimiche.

Leggi di Faraday. Bilancio energetico dei sistemi elettrochimici. Rendimento di corrente e rendimento energetico. Tensione di celle galvaniche e loro misura. Potenziali di diffusione. Potenziali di membrana ed elettrodi specifici per gli ioni. Elettrodi reversibili semplici e multipli. Elettrodo campione ed elettrodi di riferimento. Diagrammi potenziale-pH.

Polarizzazione e cinetica dei processi elettrodi.

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. Passivazione dei metalli e caratteristiche degli strati passivanti. Isopolarizzazione. Cenni di corrosione.

Applicazioni analitiche.

Potenziometria e titolazioni potenziometriche. Polarografia. Cronopotenziometria. Amperometria. Coulombometria.

Cenni sulle principali applicazioni industriali.

Principi della raffinazione e della produzione elettrochimica dei metalli. Cenni di galvanotecnica. Cenni sulla lavorazione elettrochimica dei metalli. Generatori elettrochimici.

ESERCITAZIONI

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.

C 1710 Elettronica applicata

Anno: periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 48 (settimanali 6/4)

Prof. Maurizio Zamboni (Elettronica)

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

REQUISITI. Le nozioni del corso di *Applicazioni industriali elettriche*.

PROGRAMMA

Richiami di elettrotecnica di base; analisi di reti nel dominio del tempo e della frequenza; analisi di transistori.

Componenti passivi ed attivi: concetto di modello elettrico; resistenze, induttanze, condensatori; diodi; transistori.

Amplificatori: classificazione ed impiego; reazione positiva e negativa; amplificatori operazionali; oscillatori.

Circuiti non lineari; applicazioni con diodi ed amplificatori operazionali.

Alimentatori e regolatori.

Acquisizione dati: definizione di conversione digitale/analogica ed analogica/digitale; convertitori A/D e D/A; *sample & hold*; sistemi di acquisizione dati.

Elaboratori elettronici: cenni all'algebra di Boole, circuiti logici combinatori e sequenziali, famiglie logiche bipolari e MOS, organizzazione di un elaboratore, descrizione di una unità centrale integrata; cenni sui linguaggi e sui sistemi operativi.

ESERCITAZIONI E LABORATORI

Le esercitazioni riguardano l'approfondimento dei concetti definiti a lezione e portano al progetto di semplici circuiti esemplificativi.

BIBLIOGRAFIA

J. Millman, A. Grabel, *Microelectronics*, McGraw-Hill, 1987.

C 2605 Impianti chimici 2 + Ingegneria chimica ambientale (Corso integrato)

Anno: periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 65 esercitazioni 52 (settimanali 5/4)

Prof. Vito Specchia (Scienza dei materiali e ing. chimica)

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

REQUISITI

Principi di ingegneria chimica 1 e 2, Termodinamica dell'ingegneria chimica, Macchine.

PROGRAMMA

Impianti chimici 2.

Aspetti generali della progettazione: criteri di scelta e di localizzazione di un impianto chimico; articolazione del progetto; elementi costitutivi di un impianto; aspetti economici.

Regolazione degli impianti: concetti generali; strumentazione.

Servizi generali: impianti di distribuzione dei fluidi; produzione e stoccaggio dei fluidi di servizio; risparmio energetico; condensatori; centrali di servizio; scarichi industriali; condizionamento e raffreddamento; applicazioni pratiche di criteri di sicurezza.

Ingegneria chimica ambientale.

Impianti di trattamento degli effluenti industriali liquidi: impianti principali.

Impianti di trattamento degli effluenti industriali gassosi: impianti principali; ciminiera; interventi a monte di riduzione dei carichi inquinanti.

Impianti di smaltimento dei solidi: incenerimento; letti di essiccamento; *compost*; discariche controllate.

ESERCITAZIONI

Vengono condotti calcoli a più squadre su alcuni degli impianti considerati a lezione.

BIBLIOGRAFIA

J. Perry, *Chemical engineering handbook*, McGraw-Hill, London, 6th ed., 1984.

G. Brown, *Unit operations*, Wiley, New York, 1951.

J.M. Coulson, J.F. Richardson, *Chemical engineering*, Pergamon, London, 1973.

J.R. Backhurst, *Process plant design*, Heinemann, London, 1973.

C 4030 Processi biologici industriali

Anno:periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 28 (settimanali 4/2)

Prof. Giuseppe Genon (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso si propone di chiarire i concetti di base e successivamente illustrare i principali procedimenti industriali, i quali utilizzino microorganismi 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 e della tecnologia alimentare.

L'aspetto più impiantistico di tale tecnologia è trattato nel corso di *Impianti biochimici*, con cui risulta proficuo un abbinamento.

PROGRAMMA

Premesse di microbiologia.

Caratteristiche dei microorganismi di interesse industriale, tipi, composizione, crescita, adattamento. Meccanismi di utilizzo energetico e di trasformazione metabolica.

Ingegneria biochimica.

Cinetica dei processi biologici, equazioni di reazione ed influenza di meccanismi di trasporto. Modello di bioreattore continuo. Richiesta di ossigeno, trasferimento con o senza agitazione meccanica, sistemi non convenzionali. Problemi di agitazione. Criteri di *scale-up*. Modalità di sterilizzazione termica, filtrazione dell'aria. Particolarità costruttive dei reattori biologici, strumentazione di controllo. Recupero dei prodotti, separazioni finali.

Tecnologia microbiologica.

Produzione di antibiotici. Produzione di biomasse proteiche. Etanolo da differenti substrati. Produzione di acidi organici (lattico, citrico, glutammico), di enzimi, di vitamine, di polisaccaridi. Tecnologia lattiero-casearia. Industria enologica, della birra, dell'acido tartarico. Cenni sull'industria olearia. Ossidazione biologica e digestione anaerobica.

ESERCITAZIONI. Le esercitazioni prevedono il dimensionamento di apparecchiature e la definizione dello schema di processo di tecnologie microbiologiche.

BIBLIOGRAFIA

Buona parte degli argomenti si trova illustrata con maggior dettaglio nei testi seguenti, di cui si consiglia la consultazione:

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

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

C. Cantarelli, *Principi di tecnologia delle industrie agrarie*, 1974.

È inoltre disponibile un testo riassuntivo di dispense:

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

C 4060 Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti I

Anno: periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 28 (settimanali 4/2)

Docente da nominare (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso si occupa dei processi e delle tecnologie usate per il trattamento degli effluenti aeriformi e dello smaltimento dei rifiuti solidi e dei fanghi. Lo sviluppo è pertanto indirizzato agli aspetti processistici ed impiantistici sia costruttivi che gestionali, tenendo conto dei criteri di scelta fra le varie possibili opzioni di trattamento. È pure considerata la possibilità di inquinamento secondario in altri comparti ambientali derivante dalle operazioni di depurazione, nonché le implicanze economiche connesse con le tecnologie di trattamento.

PROGRAMMA

Inquinamento dell'aria.

Aspetti legislativi; principali tipi di inquinanti gassosi e particolati; microinquinanti organici clorurati; loro effetto sull'ecosistema e sull'uomo.

Inquinamento atmosferico negli ambienti di lavoro; inquinamento da odori e tecnologie di intervento.

Trattamento degli inquinanti gassosi: assorbimento; adsorbimento; condensazione; incenerimento a fiamma diretta, termico e catalitico.

Tecnologie specifiche per gli ossidi di solfo e di azoto.

Impianti di abbattimento dei particolati: separatori meccanici a secco (camere di sedimentazione; separatori inerziali, ad urto e dinamici; cicloni tangenziali ed assiali); filtri a maniche; lavatori ad urto, a ciclone, a letto a riempimento, a fessura ed a piatti forati; lavatori a Venturi e ad azione centrifuga; separatori elettrostatici. Esplosibilità delle polveri: aspetti di sicurezza.

Predisposizione di atmosfere sterili: filtri assoluti.

Dispersione di inquinanti in atmosfera: aspetti modellistici ed impiantistici; progetto dei camini.

Smaltimento dei rifiuti solidi.

Aspetti legislativi.

Rifiuti solidi urbani: raccolta; discarica controllata e produzione di biogas; compressione; pirolisi; incenerimento; compostaggio; recupero e valorizzazione; produzione di RDF.

Rifiuti industriali: caratterizzazione; impatto ambientale; processi di smaltimento (termici, fisici, chimici) e di valorizzazione e recupero. Tecnologie di recupero dei terreni contaminati da spandimenti di sostanze inquinanti.

ESERCITAZIONI. Saranno illustrati esempi di dimensionamento di impianti.

BIBLIOGRAFIA

R.D. Ross, *Air pollution and industry*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.

C 4638 **Scienza e tecnologia dei materiali ceramici**

Anno: periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 78 (settimanali 6)

Prof. Ignazio Amato (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso intende fornire agli studenti interessati all'ingegneria dei materiali una adeguata conoscenza delle caratteristiche, della produzione e dell'uso dei materiali ceramici d'impiego industriale.

REQUISITI. *Chimica, Tecnologia dei materiali e chimica applicata.*

PROGRAMMA

I solidi: fondamenti teorici. L'ordine nei solidi. Proprietà e struttura cristallina. Solidi duttili e solidi fragili. Le proprietà meccaniche dei solidi e la tenacità alla frattura. Solidi policristallini ed analisi ceramografica.

I difetti nei solidi e la diffusione. La densificazione per sinterizzazione. La teoria della sinterizzazione. Le proprietà dei solidi sottoposti a sinterizzazione: la superficie specifica. Le caratteristiche dei sinterizzati: la porosità aperta e chiusa, la dimensione dei pori. L'influenza di gas occlusi nei pori e la regressione della densità. Sinterizzazione a più componenti solidi. Sinterizzazione in sistemi solido-liquido. Densificazione per pressatura a caldo.

I materiali ceramici ordinari: materie prime e processi di fabbricazione.

I refrattari ordinari e speciali: caratteristiche e modalità di impiego.

Ceramici fini: caratteristiche, impieghi attuali. I ceramici fini e lo sviluppo delle nuove tecnologie. Le polveri neoceramiche; caratteristiche. Sintesi da soluzioni: sol-gel, combustione solvente. Sintesi in fase vapore: condensazione (aerosol) reazione, (plasma, laser).

Ceramici strutturali: il nitruro ed il carburo di silicio. Allumina e zirconia tenacizzata. Boruri e siliciuri. Criteri di progettazione e prova. Impieghi reali e potenziali.

Ceramici per rivestimento: criteri di progettazione. Le tecniche: CVD, PVD, *sputtering*, implantazione ionica, plasma. Caratteristiche dei materiali rivestiti.

I materiali vetrosi ed i vetro-ceramici; caratteristiche ed applicazioni.

I materiali fibrosi di rinforzo. Meccanismo di azione dei rinforzi nei materiali compositi. Le fibre di vetro, le fibre di carbonio, le fibre ceramiche. Gli *wiskers*: proprietà e tecnologie. Criteri di progettazione e modalità di impiego dei compositi.

I ceramici come utensili da taglio: meccanismi di degradazione e di usura. I carburi cementati. I rivestimenti ceramici dei carburi cementati. Utensili ceramici di nuova generazione. Utensili superduri. Il nitruro di boro. Gli abrasivi.

I ceramici come lubrificanti solidi: grafite, solfuri.

I componenti neoceramici per l'industria meccanica, dei trasporti, aeronautica e spaziale, chimica; impatto economico ed avanzamento tecnologico.

BIBLIOGRAFIA

A. Aliprandi, *Principi di ceramurgia e tecnologia ceramica.*

A. Holden, *La fisica dei solidi.*

G.C. Kuczynski, *Sintering and related phenomena.*

J.E. Burke, *Progress in ceramic science. Vol. 3.*

R. Sersale, *I materiali ceramici ordinari e speciali.*

P.W. McMillan, *Glass-ceramics.*

J.S. Reed, *Introduction to the principles of ceramic processing.*

C 0590 Catalisi industriale

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 90 (settimanali 6)

Prof. Antonio Iannibello (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Preparazione e caratterizzazione dei catalizzatori; *engineering* della reazione catalizzata; applicazioni industriali importanti.

PROGRAMMA

Definizione di catalisi, classificazione dei sistemi catalitici.

La catalisi eterogenea: meccanismi di catalisi di contatto.

Termodinamica delle interazioni di superficie: l'adsorbimento fisico-chimico.

Cinetiche di reazioni chimiche in catalisi eterogenea.

Il catalizzatore solido: preparazione e caratterizzazione chimico-fisica; funzionalità catalitica ed eterogeneità superficiale.

Misura dell'attività catalitica: reattori da laboratorio.

Criteri di scelta del reattore nelle operazioni su scala industriale.

Processi continui e discontinui.

Reazioni semplici e reazioni complesse.

Confronto delle prestazioni di tipi differenti di reattori.

Processi catalitici industriali: *cracking, reforming, hydrotreating*, ossidazione parziale, sintesi del metanolo, processo Wacker.

La catalisi nei processi di combustione: il controllo delle emissioni nocive da fonti stazionarie / mobili.

BIBLIOGRAFIA

Appunti delle lezioni.

J.F. Le Page, *Applied heterogeneous catalysis*, Technip, Paris, 1987.

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

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

C 0910 Corrosione e protezione dei materiali metallici

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 14 (settimanali 5/1)

Prof. Mario Maja (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso ha lo scopo di fornire agli allievi le basi necessarie per discutere i processi di deterioramento dei materiali metallici provocati dalla corrosione e per scegliere i metodi di protezione e di prevenzione più idonei. Nel corso viene trattata la corrosione ad umido, la corrosione a secco e la corrosione per correnti impresse e vengono discussi i criteri di scelta dei materiali metallici ed i metodi di protezione.

REQUISITI. *Chimica, Metallurgia.*

PROGRAMMA

Introduzione. Principi fondamentali di elettrochimica.

Corrosione ad umido. Reazioni caratteristiche, fattori di localizzazione, velocità di corrosione, vari tipi di corrosione.

Prove di corrosione. Tipi di prove, apparecchiature di controllo e di studio dei fenomeni di corrosione.
 Materiali e ambiente. Comportamento dei metalli in ambienti diversi.
 Prevenzione contro la corrosione. Criteri di progettazione, protezione catodica, rivestimenti e vernici.
 Correnti vaganti.
 Corrosione a secco.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni riguardano la discussione, anche mediante alcune videocassette della NACE, dei principali casi di corrosione.

C 1300 Dinamica e controllo dei processi chimici

Anno: periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 24 laboratori 4 (settimanali 4/2)

Prof. Antonello Barresi (Scienza dei materiali e ing. chimica)

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 articola in lezioni in aula ed esercitazioni condotte presso il laboratorio informatico.

REQUISITI

Analisi matematica I e II, Termodinamica dell'Ingegneria chimica, Principi di ingegneria chimica I e II.

PROGRAMMA

Specifiche del controllo di un impianto chimico. Aspetti di progetto di un sistema di controllo. Configurazione introduttiva di controlli retroattivi, anticipativi e deduttivi. Componenti di un sistema di controllo. Scelta e dimensionamento di una valvola di controllo. Assegnazione di corrette perdite di carico ad una valvola. Modellazione del comportamento statico e dinamico dei processi chimici: variabili ed equazioni di stato, esempi di modellazione matematica. Considerazioni sulla modellazione a scopo di controllo, gradi di libertà di un sistema chimico. Simulazione al computer e linearizzazione dei sistemi non lineari. Diagrammi a blocchi e loro relazioni algebriche. Trasformate di Laplace. Risoluzione di equazione differenziale con Laplace. Funzioni di trasferimento e modelli input-output. Analisi qualitativa della risposta di un sistema nel tempo. Comportamento dinamico dei sistemi del 1° ordine. Comportamento dinamico dei sistemi del 2° ordine. Esempi di sistemi del 1° e 2° ordine. Comportamento dinamico di sistemi di ordine superiore e anomali. Analisi e progetto di sistemi a controllo retroattivo: simbologia degli schemi di controllo, P ID, logica dei controllori, funzioni di trasferimento dei componenti nei sistemi di controllo. Controllo dinamico dei processi controllati a *feedback*: effetto della componente proporzionale, integrale e derivativa. Analisi di stabilità dei sistemi a *feedback*. Introduzione alle tecniche in frequenza. Diagrammi di Bode e Nyquist. Progetto dei controllori a *feedback* con le tecniche di frequenza. Tecniche di *tuning* di Ziegler-Nichols e Cohen-Coon. Procedure rapide per il test dell'impianto e per il tuning del controllore "per tentativi". Controllo a *feedback* di sistemi con grande ritardo o risposta inversa. Sistemi di controllo a cicli multipli. Controllo *feedforward*. Confronto fra *feedback* e *feedforward* e loro accoppiamento. Sistemi di controllo adattivi e deduttivi. Progetto del sistema di controllo di sistemi MIMO. Interazione fra cicli di controllo.

Decoupling. Esempificazione di tracciamento di diagrammi P ID da un problema reale. Discussione di esempi applicativi relativi al controllo delle principali operazioni unitarie. Caratteristiche dei sensori di P, T, livello, portata, concentrazione.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella simulazione dinamica e di stabilità di sistemi a ciclo aperto e a ciclo chiuso e nella conseguente determinazione dei parametri necessari alla progettazione e alla scelta dei controllori. Valutazione sperimentale di PCR in un impianto.

BIBLIOGRAFIA

Stephanopoulos, *Chemical Process Control*, Prentice Hall, 1984.
Shinskey, *Process Control Systems*, Mc Graw Hill, 1979.

C 1700 Elettrometallurgia

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 28 (settimanali 4/2)

Prof. Bruno De Benedetti (Scienza dei materiali e ing. chimica)

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

Il corso si rivolge a studenti con sufficiente preparazione di base nell'ambito della metallurgia di processo e dell'elettrotecnica.

PROGRAMMA

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

ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

L. Di Stati, *Forni elettrici*, Patron, Bologna, 1976.
J.H. Brunklaus, *I forni industriali*, Tecniche ET, Milano, 1985.
H.B. Cary, *Modern welding technology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1979.

C 2590 Impianti biochimici

Anno: periodo 5:2. Impegno (ore): lezioni 52 esercitazioni 26 (settimanali 4/2)

Prof. Bernardo Ruggeri (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso si propone di fornire informazioni per la progettazione e lo sviluppo degli impianti che utilizzano materiale biologico per produrre composti chimici di base, farmaceutici, alimentari e per contribuire al controllo dell'inquinamento ambientale. Sono esaminati aspetti reattoristici ed impiantistici 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. *Principi di ingegneria chimica 1 e 2, Impianti chimici 1 e 2.*

PROGRAMMA

a) Introduzione e richiami alle necessarie conoscenze biochimiche.

Conservazione e stabilità delle colture biotecnologiche, modificazione genetica ad usi industriali, cinetiche enzimatiche e di crescita della biomassa, colture miste e substrati complessi.

b) Reattori ed impianti biochimici in generale.

Fenomeni di trasporto e reologici nei reattori biochimici, bilanci di massa ed energetici, reattori non ideali, reattori agitati meccanicamente e sistemi non meccanici, reattori a biomassa libera, reattori a biomassa immobilizzata: fissa e fluidizzata, reattori a membrana, impianti aerobici ed anaerobici, tecniche di immobilizzazione di microrganismi ed enzimi, conseguenze sulla cinetica di trasformazione, progetto e costruzione dei fermentatori.

Scale-up, strumenti e tecniche di misura e controllo.

Sterilizzazione degli impianti e dei fluidi.

c) Trattamenti ed impianti di recupero dei cataboliti.

Centrifugazione e filtrazione, ultrafiltrazione, estrazione liquido-liquido, scambio ionico, distillazione, osmosi inversa.

BIBLIOGRAFIA

Bailey, Ollis, *Biochemical engineering fundamentals*, McGraw-Hill, 1986.

M.M. Young, *Comprehensive biotechnology. Vol. 2, Engineering considerations*, Pergamon, 1985.

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

C 2610 Impianti chimici e processi dell'industria alimentare

Anno: periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 52 esercitazioni 52 (settimanali 4/4)

Prof. Romualdo Conti (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso prende in esame alcune delle tecnologie dell'industria agroalimentare, evidenziando per i diversi processi le fasi riconducibili ad operazioni unitarie dell'ingegneria chimica, fornendo elementi di progettazione dei relativi impianti ed illustrando la problematica connessa con la realizzazione e la gestione degli impianti nel loro insieme.

In particolare vengono trattati processi ed impianti per:

- industria enologica (produzione di vini bianchi e rossi, spumantizzazione con metodi *champenois* e Charmat, correzione dei difetti dei vini, distillazione delle vinacce, recupero dei tartrati, recupero dei vinaccioli);
- industria della birra;
- industria olearia (produzione degli oli di oliva e di semi per pressione e per estrazione con solventi, impianti per la raffinazione degli oli e per il recupero delle lecitine);
- industria lattiero-casearia (produzione, pastorizzazione, sterilizzazione del latte, impianti per la produzione di latte condensato in polvere, produzione di formaggi e gelati);
- industria conserviera (produzione di succhi di frutta limpidi e torbidi, liofilizzazione, surgelazione e sterilizzazione).

ESERCITAZIONI

Progetto di massima di un impianto e studio della sua disposizione.

C 2660 Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti II

Anno: periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 56 (settimanali 4/4)

Prof. Vito Specchia (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso si occupa dei processi e delle tecnologie usate per il trattamento degli effluenti liquidi. Lo sviluppo è pertanto indirizzato agli aspetti processistici ed impiantistici sia costruttivi che gestionali, tenendo conto dei criteri di scelta fra le varie possibili opzioni di trattamento. È pure considerata la possibilità di inquinamento secondario in altri comparti ambientali derivante dalle operazioni di depurazione, nonché le implicanze economiche connesse con le tecnologie di trattamento.

PROGRAMMA

Inquinamento delle acque: aspetti legislativi; principali tipi di inquinanti; qualità dei reflui trattati; classificazione dei corpi idrici ricettori in relazione al loro uso; deossigenazione e riossigenazione di un corpo idrico; eutrofizzazione.

Riduzione dei consumi idrici: alimentazione in serie alle utenze; ricircolo; epicresi.

Tipi di acque primarie; acqua come vettore di energia: condizionamenti per le acque di alimento caldaie.

Trattamenti fisici: grigliatura; dissabbiatura; sollevamento; rimozione di oli e sostanze grasse; flottazione; equalizzazione; polmonazione; sedimentazione.

Trattamenti chimico-fisici: coagulazione-flocculazione; neutralizzazione; ossidazione; riduzione; scambio ionico; adsorbimento.

Dissalazione di acque salmastre: evaporazione *multiflash*; elettrodialisi; osmosi inversa; distillazione con energia solare.

Trattamenti biologici aerobici ed anaerobici: processi a biomassa sospesa e fissata; ossidazione del carico organico; nitrificazione; denitrificazione; eliminazione del fosforo; digestione anaerobica.

Filtrazione con letti a sabbia e con membrane.

Sterilizzazione finale: clorazione; trattamento con ozono.

Trattamenti dei fanghi di supero: ispessimento; stabilizzazione; riscaldamento ossidativo; disidratazione; incenerimento.

Tecnologie di potabilizzazione delle acque superficiali e dei reflui civili trattati.

ESERCITAZIONI. Saranno illustrati esempi di dimensionamento di impianti.

BIBLIOGRAFIA

H.S. Azad, *Industrial pollution control handbook*, McGraw-Hill, New York, 1971.

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

C 3430 Metallurgia fisica

Anno: periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 24 laboratori 6 (settimanali 5/2)

Prof. Bruno De Benedetti (Scienza dei materiali e ing. chimica)

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.

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.

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.

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.

Deformazione con geminazione; nucleazione e crescita dei geminati.

Trasformazioni martensitiche; influenza delle sollecitazioni meccaniche sulla stabilità della martensite; trasformazioni bainitiche e perlitiche.

Frattura: nucleazione e propagazione della frattura; frattura intercristallina e transcristallina; resistenza all'impatto; frattura duttile; fragilità e rinvenimento; rotture a fatica.

Deformazioni plastiche e temperature elevate per scorrimento sotto carichi costanti.

ESERCITAZIONI

Calcoli roentgenografici: scelta dell'anticatodo; calcolo delle costanti reticolari; indicizzazione di un diffrattogramma; calcolo dei coefficienti di diffusione.

LABORATORI. Partecipazione a misure diffrattometriche su apparecchiature a goniometro verticale e orizzontale.

BIBLIOGRAFIA

R.E. Reed, *Physical metallurgy principles*, Van Nostrand, New York, 1977.

P. Brozzi, *Struttura e proprietà meccaniche dei materiali metallici*, ECIG, Genova, 1979.

C 4050 Processi di produzione di materiali macromolecolari

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni e laboratori 15 (settimanali 6, complessive)

Prof. Giuseppe Gozzelino (Scienza dei materiali e ing. chimica)

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 dei processi per la produzione di materie plastiche, elastomeri e materiali termoindurenti. Sono inoltre prese in considerazione le proprietà fondamentali e le caratteristiche di impiego dei materiali macromolecolari. Il corso si svolge mediante lezioni, laboratori e visite a complessi industriali.

REQUISITI.

Chimica organica, Tecnologia dei materiali e chimica applicata, Termodinamica dell'ingegneria chimica, Chimica industriale.

PROGRAMMA

Generalità sulle macromolecole: classificazione, strutture, proprietà, settori applicativi. Pesì molecolari medi dalle proprietà di soluzioni polimeriche. Curve di distribuzione dei pesì molecolari.

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

Polimeri da poliaddizione radicalica. 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 poliaddizione ionica. Iniziatori ionici. Caratteristiche dei processi a propagazione cationica e anionica. Polimerizzazione stereospecifica.

Processi per la produzione di polietilene a alta e bassa densità, polipropilene, polistirene, polivinil cloruro.

Copolimerizzazione. Equazioni di copolimerizzazione, rapporti di reattività e loro valutazione.

Copolimeri di interesse industriale.

Processi per la produzione di materiali elastomerici: monomeri, polimerizzazione, vulcanizzazione.

Proprietà fondamentali termiche e meccaniche dei polimeri industriali.

Produzione e proprietà delle miscele polimeriche.

Resine termoindurenti. Applicazioni, tecnologie di produzione.

Tecnologie di trasformazione dei termoplast.

Fibre e matrici per materiali compositi.

BIBLIOGRAFIA

A.I.M., *Macromolecole: Scienza e Tecnologia*, Vol. 1, Pacini Editore, Pisa, 1992.

A. Rudin, *The Element of Polymer Science and Engineering*, Academic Press, N.Y., 1982

C 4070 Processi elettrochimici

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 72 (settimanali 6)

Prof. Paolo Spinelli (Scienza dei materiali e ing. chimica)

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

La parte introduttiva si occupa delle caratteristiche generali degli elettrodi, dei diaframmi, del circuito di elettrolisi, fornendo anche notizie generali sul costo e sulla sicurezza dei processi elettrochimici.

Vengono poi descritte le tecnologie di produzione di idrogeno e ossigeno, di cloro e soda caustica, ipocloriti e clorati e di altri processi industrialmente significativi.

Vengono descritti i principali processi elettrochimico-metallurgici sia di estrazione che di raffinazione.

Vengono esposti i principi della galvanotecnica.

Vengono infine trattati i processi in sale fuso, con particolare riferimento alla produzione di alluminio e sodio.

Un'ultima parte del corso riguarda la descrizione dei più importanti generatori elettrochimici.

BIBLIOGRAFIA

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

C 4080 Processi industriali della chimica fine

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 64 laboratori 14 (settimanali 6)

Prof. Franco Ferrero (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso ha per oggetto l'approfondimento di 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 (chimica dei processi interfase, polimeri per usi speciali, chimica del colore e fotochimica) che consentono una trattazione non frammentaria e non puramente descrittiva dei vari argomenti.

PROGRAMMA

Chimica dei processi interfase.

Cenni sui fenomeni superficiali. Comportamento delle sostanze tensioattive: attività inibente, detergente, emulsionante, schiumogena, lubrificante.

Fenomeni di adesione. Catalisi in trasferimento di fase.

Processi di produzione di tensioattivi, detergenti, emulsionanti, lubrificanti, adesivi.

Polimeri per usi speciali.

Fibre chimiche; relazioni struttura-proprietà; processi di preparazione e filatura.

Fibre tecniche. Tessuti non tessuti. *Film*.

Resine per usi tessili e per vernici. Additivi per polimeri.

Polielettroliti. Sequestranti. Scambiatori di ioni.

Chimica del colore e fotochimica.

Colorimetria industriale; relazioni tra colore e struttura molecolare; sbiancanti ottici.

Coloranti: proprietà, classificazione, processi di produzione.

Pigmenti. Inchiostri. Coloranti per alimenti. Prodotti fotosensibili.

Processi tintoriali. Stampa tessile e grafica.

Processi fotografici e di fotoriproduzione. Processi fotochimici.

ESERCITAZIONI

Si prevedono alcune esercitazioni di laboratorio concernenti la preparazione e caratterizzazione di prodotti speciali.

BIBLIOGRAFIA

G.T. Austin, *Shreve's chemical process industries*, 5th ed., McGraw-Hill, 1984.

H. Zollinger, *Color chemistry*, VCH, 1987.

C 4170 Progettazione di apparecchiature dell'industria chimica

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 39 esercitazioni 52 (settimanali 3/4)

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

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 del *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 alla Ingegneria di dettaglio ed ancora, come appendice, il preavviamento e la messa in marcia dell'impianto.

Cenni agli studi 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 del Corso di Laurea in Ingegneria chimica, si intendono propedeutiche le nozioni impartite in Impianti chimici I e II.

PROGRAMMA

Management di un progetto.

Studio di fattibilità.

Pianificazione di un progetto e valutazione economica.

Esecuzione e coordinamento attività per le varie figure coinvolte.

Valutazioni retroattive nella definizione di un progetto.

Scelta ed utilizzo di vari *standards* di progettazione.

Progettazione concettuale, progettazione del processo e progettazione di base.

Preparazione ed emissione di bilanci di materia, bilanci di energia e schemi di flusso semplificati (PDF).

Preparazione ed emissione di fogli specifica e diagrammi di flusso e controllo (P&ID) a vari livelli di definizione.

Preparazione dei *plot plan*, degli unifilari elettrici, delle logiche di controllo e di sicurezza, dei manuali operativi, classificazione delle aree, ecc. Pre-avviamento e messa in marcia degli impianti.

Revisioni di sicurezza e verifica dell'operabilità.

Procedure per certificazione I.S.P.E.L.S.

ESERCITAZIONI

Viene sviluppata in termini completi, come semplificazione dei concetti presentati a lezione un'esercitazione monografica di progettazione concettuale e di base per un impianto chimico semplificato con presentazione di elaborati utilizzabili per la progettazione di dettaglio. Utilizzo di programmi per definizione del PERT e progettazione con AutoCAD.

TESTI CONSIGLIATI

Snamprogetti, *Guida alla progettazione degli impianti petrolchimici e di raffinazione*, Pirola, Milano, 1975.

H.F. Rase and M.H. Barrow, *Project Engineering of Process Plants*, Univ. of Texas & Foster Wheeler Co.

Capra, *Aspetti organizzativi di un progetto - Procedura operativa*, 1992.

Zerboni, *Fasi della realizzazione degli impianti chimici*, 1990.

Hed, *Project Control Manual*, 1985.

Sinnok, *Chemical Engineering*, Vol. 6, Elsevier, 2nd edition.

C 5440 Tecnica della sicurezza ambientale

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 25 (settimanali 5/2)

Prof. Norberto Piccinini (Scienza dei materiali e ing. chimica)

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 di rischi imprenditoriali od ambientali.

PROGRAMMA

1. Incidenti e rischi nelle attività umane. Evoluzione dei concetti di "rischio" e "sicurezza". Scale e parametri per valutazioni di "tollerabilità dei rischi". Le valutazioni di impatto ambientale. *Environmental audits*.
2. Pericolosità di prodotti ed operazioni industriali. Tossicità delle sostanze chimiche. Reazioni di combustione ed esplosive. Elementi di protezione contro gli incendi. Rischi legati all'uso dell'energia elettrica.
3. Metodi di studio dei rischi nelle attività antropiche. Metodi basati sul giudizio ingegneristico (indici di rischio, *safety audits*, *check list*). Banche dati incidenti. Valutazioni probabilistiche dei rischi:
 - Metodi per l'individuazione delle pericolosità di origine interna agli impianti (analisi di operabilità, *Hazop*, analisi dei guasti e loro effetti - FMEA).

- Valutazione della risposta di un impianto al verificarsi di un guasto per mezzo di alberi logici e decisionali (diagramma delle sequenze incidentali, albero degli eventi, albero dei guasti, diagramma logico cause-conseguenze).
 - Stima della frequenza di eventi incidentali (risoluzione di alberi logici).
 - Analisi di sequenze incidentali di tipo dinamico.
4. Principi e metodi dell'affidabilità tecnologica. Affidabilità di un componente, di sistemi operativi (in serie o in parallelo, a logica maggioritaria), di sistemi in attesa di intervento. Anche dati affidabilità. Analisi di sistemi tramite catene di Markov.
5. Valutazione degli errori umani.

ESERCITAZIONI

Costituzione di un prototipo di Banca Dati Incidenti e Analisi Pericolosità.

Applicazioni delle differenti metodologie di analisi dei rischi.

Elaborazione di una specifica per l'omologazione di un prototipo.

Analisi delle relazioni cause-effetti su un componente di macchina uscito di servizio.

Relazione dettagliata su un tema ambientale o di sicurezza di interesse dell'allievo.

BIBLIOGRAFIA

Norme per la prevenzione degli infortuni.

N. Piccinini, *Affidabilità e sicurezza nell'industria chimica*, SCCFQIM, Barcellona, 1985.

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

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

C 5700 Tecnologie industriali (tessili)

Anno: periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 50 esercitazioni 50 (settimanali 4/4)

Prof. Francantonio Testore (Scienza dei materiali e ing. chimica)

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. 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 e a taglio cotoniero. Trattamenti tessili ai cavi di filatura chimica (*tow*) e di fili continui artificiali sintetici (torcitura, testurizzazione ecc.).

Tecnologia generale di tessitura.

Preparazione dell'ordito. Principali tipi di telai, tessuti a trama e catena, a maglia, non tessuti.

Rifinitone, classificazione e scopi delle principali operazioni. Finissaggio dei tessuti lanieri, cotonieri, di fili sintetici. Tintura e stampa, cenni sulle fasi del ciclo e sulle principali macchine.

Controlli tecnologici, illustrazione delle prove più importanti (scopi, metodologia, apparecchiature ecc.) che si compiono su fibre, fili e filati, tessuti.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni alternano visite e prove sperimentali, presso aziende 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 dati raccolti.

BIBLIOGRAFIA

F. Testore, *Tecnologia della filatura*, Elsa, 1975.

F. Testore, *New Deal nel meccano-tessile*, Publi-Edi, Milano, 1980.

Manuale di tecnologia tessile, Cremonesi, Roma, 1981.

Bollettini dell'International Textil Service, Zurigo.

Journal of Textil Institute, Manchester.

F. Testore, *Nel segno dell'ITMA 83*, Publi-Edi, Milano, 1984.

Textile Horizons, Manchester.

F. Testore, *Quo Vadis, Mecatronic ITMA 87*, Publi-Edi., Milano, 1988.

C 5710 Tecnologie metallurgiche

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 25 laboratori 15 (settimanali 5/3)

Prof. Mario ROSSO (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso ha come scopo lo studio comparativo dei processi e delle tecnologie di formatura e di giunzione dei particolari metallici. In particolare vengono studiati e confrontati i processi di deformazione plastica, fonderia e metallurgia delle polveri.

Dopo aver approfondito i principi fondamentali su cui si basano le tre tecnologie, vengono esaminati i processi e gli impianti utilizzati, i rispettivi settori di applicazione ed i materiali metallici, compresi i compositi a matrice metallica, idonei ai singoli processi. Infine sono trattate le tecniche di giunzione.

Uno stretto contatto con le realtà industriali più significative, esplicantesi anche con visite appositamente programmate, fornisce un contenuto pratico al corso e favorisce un migliore aggiornamento su evoluzione e innovazione tecnologica. Sono previste lezioni, esercitazioni, laboratori e visite ad industrie.

PROGRAMMA

Deformazione plastica.

Richiami alla teoria della plasticità ed ai meccanismi di formatura. Caratteristiche di formabilità delle leghe metalliche. Fenomeni di attrito e lubrificazione. Fucinatura e stampaggio. Laminazione. Estrusione. Trafilatura. Imbutitura.

Fonderia.

Richiami ai principali della solidificazione. Impianti per la fusione industriale di metalli e leghe. Modelli, anime e forme. Analisi dei diversi processi di formatura e di colata. Controllo e finitura dei getti. Vantaggi dei processi di fonderia.

Metallurgia delle polveri.

Produzione e caratterizzazione delle polveri. Miscelazione e compattazione, relativi impianti. Forme limite: Analisi del processo di sinterizzazione, sinterizzazione attivata. Forni e atmosfere di sinterizzazione. Lavorazioni complementari. Controllo,

finitura e applicazioni dei sinterizzati. Confronto tra le differenti alternative tecnologiche e criteri di scelta. Ottimizzazione tecnico-economica ed indici di costo.

Tecniche di giunzione.

Concetto di saldabilità e metallurgia della saldatura. Saldatura ad arco, a scoria conduttrice, a resistenza, a frizione, a gas, a laser e a plasma. Brasatura.

ESERCITAZIONI E LABORATORI

Vengono sviluppati esempi applicativi e di calcolo sugli argomenti oggetto delle lezioni. Le prove in laboratorio riguarderanno le caratteristiche di formabilità e microstrutturali dei materiali assoggettati alle diverse tecnologie.

BIBLIOGRAFIA

Appunti del corso.

G. Dieter, *Mechanical metallurgy*, McGraw-Hill, Tokyo, 1988.

G. Mazzoleni, *Tecnologia dei metalli*, 3 vol., UTET, Torino, 1980.

E. Mosca, *Metallurgia delle polveri*, AMMA, Torino, 1983.

Indice alfabetico degli insegnamenti

<i>pag.</i>	<i>corso</i>	<i>[anno:periodo]</i>
11	C0231	Analisi matematica 1 [1:1]
16	C0232	Analisi matematica 2 [2:1]
19	C0290	Applicazioni industriali elettriche [2:2]
22	C0510	Calcolo numerico [3:1]
44	C0590	Catalisi industriale [5:2]
12	C0621	Chimica 1 [1:1]
16	C0624	Chimica 2 (corso ridotto, 1/2 annualità) [2:1]
25	C0661	Chimica industriale 1 [3:2]
37	C0665	Chimica industriale 2 + Sicurezza e protezione ambientale nei processi chimici (corso integrato) [5:1]
17	C0694	Chimica organica (corso ridotto, 1/2 annualità) [2:1]
44	C0910	Corrosione e protezione dei materiali metallici [5:2]
33	C0945	Costruzione di macchine + Disegno tecnico industriale (corso integrato) [4:2]
45	C1300	Dinamica e controllo dei processi chimici [5:2]
20	C1660	Elementi di meccanica teorica e applicata [2:2]
38	C1680	Elettrochimica e tecnologie elettrochimiche [5:1]
46	C1700	Elettrometallurgia [5:2]
39	C1710	Elettronica applicata [5:1]
13	C1901	Fisica 1 [1:2]
18	C1902	Fisica 2 [2:1]
14	C2170	Fondamenti di informatica [1:2]
15	C2300	Geometria [1:2]
47	C2590	Impianti biochimici [5:2]
34	C2601	Impianti chimici 1 [4:2]
40	C2605	Impianti chimici 2 + Ingegneria chimica ambientale (corso integrato) [5:1]
48	C2610	Impianti chimici e processi dell'industria alimentare [5:2]
42	C4060	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 1 [5:1]
49	C2660	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 2 [5:2]
35	C3040	Istituzioni di economia [4:2]
28	C3110	Macchine [4:1]
26	C3420	Metallurgia [3:2]

- 50 C3430 Metallurgia fisica [5:2]
- 35 C3980 Principi di ingegneria biochimica (Non attivato 94/95) [4:2]
- 27 C3991 Principi di ingegneria chimica 1 [3:2]
- 29 C0395 Principi di ingegneria chimica 2 + Cinetica chimica applicata (corso integrato) [4:1]
- 41 C4030 Processi biologici industriali [5:1]
- 51 C4050 Processi di produzione di materiali macromolecolari [5:2]
- 52 C4070 Processi elettrochimici [5:2]
- 52 C4080 Processi industriali della chimica fine [5:2]
- 53 C4170 Progettazione di apparecchiature dell'industria chimica [5:2]
- 36 C4450 Reattori chimici [4:2]
- 23 C4600 Scienza delle costruzioni [3:1]
- 43 C4638 Scienza e tecnologia dei materiali ceramici [5:2]
- 30 C4780 Siderurgia [4:1]
- 54 C5440 Tecnica della sicurezza ambientale [5:2]
- 20 C5570 Tecnologia dei materiali e chimica applicata [2:2]
- 31 C5610 Tecnologia del petrolio e petrolchimica [4:1]
- 55 C5700 Tecnologie industriali [5:2]
- 56 C5710 Tecnologie metallurgiche [5:2]
- 32 C5850 Teoria dello sviluppo dei processi chimici [4,5:1]
- 24 C5975 Termodinamica dell'ingegneria chimica + Elettrochimica (corso integrato) [3:1]

Indice alfabetico dei docenti

<i>pag. Docente</i>	<i>corso</i>	<i>[anno:periodo]</i>
23 Algotino, Franco (Ing. strutturale)	C4600	Scienza delle costruzioni [3:1]
43 Amato, Ignazio (Chimica)	C4638	Scienza e tecnologia dei materiali ceramici [5:1]
28 Andriano, Matteo (Energetica)	C3110	Macchine [4:1]
20 Appendino, Pietro (Chimica)	C5570	Tecnologia dei materiali e chimica applicata [2:2]
27 Baldi, Giancarlo (Chimica)	C3991	Principi di ingegneria chimica 1 [3:2]
22 Baratella, Paola (Matematica)	C0510	Calcolo numerico [3:1]
45 Barresi, Antonello (Chimica)	C1300	Dinamica e controllo dei processi chimici [5:2]
20 Bresso, Mercedes (Idraul., traspr., infrastr. civ.)	C3040	Istituzioni di economia [4:2]
26 Burdese, Aurelio (Chimica)	C4780	Siderurgia [4:1]
15 Catellani, Nives (Matematica)	C2300	Geometria [1:2]
34 Conti, Romualdo (Chimica)	C2601	Impianti chimici 1 [4:2]
48 =	C2610	Impianti chimici e processi dell'industria alimentare [5:2]
20 D'Alfio, Nicolò (Meccanica)	C1660	Elementi di meccanica teorica e applicata [2:2]
12 De Benedetti, Bruno (Chimica)	C0621	Chimica 1 [1:1]
46 =	C1700	Elettrometallurgia [5:2]
26 =	C3420	Metallurgia [3:2]
50 =	C3430	Metallurgia fisica [5:2]
11 De Stefano Viti, Stefania (Matematica)	C0231	Analisi matematica 1 [1:1]
16 Ferrero, Franco (Chimica)	C0624	Chimica 2 (1/2) [2:1]
17 =	C0694	Chimica organica (1/2) [2:1]
52 =	C4080	Processi industriali della chimica fine [5:2]
14 Gai, Silvano (Autom. inform.)	C2170	Fondamenti di informatica [1:2]
41 Genon, Giuseppe (Chimica)	C4030	Processi biologici industriali [5:1]
51 Gozzelino, Giuseppe (Chimica)	C4050	Processi di produzione di materiali macromolecolari [5:2]
31 =	C5610	Tecnologia del petrolio e petrolchimica [4:1]
44 Iannibello, Antonio (Chimica)	C0590	Catalisi industriale [5:2]
44 Maja, Mario (Chimica)	C0910	Corrosione e protezione dei materiali metallici [5:2]

24 =	C5975	Termodinamica dell'ingegneria chimica + Elettrochimica (int.) [3:1]
16 Mascarello, Maria (Matematica)	C0232	Analisi matematica 2 [2:1]
36 Mazzarino, Italo (Chimica)	C4450	Reattori chimici [5:2]
19 Pessina, Gaetano (Ing. elettrica)	C0290	Applicazioni industriali elettriche [2:2]
37 Piccinini, Norberto (Chimica)	C0665	Chimica industriale 2 + Sicurezza e protezione ambientale nei processi chimici (int.) [5:1]
54 =	C5440	Tecnica della sicurezza ambientale [5:2]
33 Podda, Giovanni (Sist. produzione)	C0945	Costruzione di macchine + Disegno tecnico industriale (int.) [4:2]
33 Roccati, Giovanni (Meccanica)	C0945	Costruzione di macchine + Disegno tecnico industriale (int.) [4:2]
57 Rosso, Mario (Chimica)	C5710	Tecnologie metallurgiche [5:2]
53 Rovero, Giorgio (Chimica)	C4170	Progettazione di apparecchiature dell'industria chimica [5:2]
47 Ruggeri, Bernardo (Chimica)	C2590	Impianti biochimici [5:2]
25 Saracco, Giovanni B. (Chimica)	C0661	Chimica industriale 1 [3:2]
29 Sicardi, Silvio (Chimica)	C0395	Principi di ingegneria chimica 2 + Cinetica chimica applicata (int.) [4:1]
40 Specchia, Vito (Chimica)	C2605	Impianti chimici 2 + Ingegneria chimica ambientale [5:1]
49 =	C2660	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 2 [5:2]
38 Spinelli, Paolo (Chimica)	C1680	Elettrochimica e tecnologie elettrochimiche [5:1]
52 =	C4070	Processi elettrochimici [5:2]
13 Stepanescu Sansoè, Aurelia (Fisica)	C1901	Fisica 1 [1:2]
55 Testore, Francantonio (Chimica)	C5700	Tecnologie industriali [5:2]
18 Trossi, Laura (Fisica)	C1902	Fisica 2 [2:1]
39 Zamboni, Maurizio (Elettronica)	C1710	Elettronica applicata [5:1]