CORSO DI LAUREA IN
INGEGNERIA
CHIMICA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA

L'Ingegneria chimica, pur costituendo un settore organicamente inserito nel complesso dell'ingegneria industriale, ha tuttavia propri tratti caratteristici significativamente definiti, che ne contraddistinguono l'approccio culturale.

Per entrare nel merito dei contenuti, un modo piuttosto semplicistico di vedere le cose potrebbe essere quello di ritenere che l'ingegnere chimico assommi in sé le nozioni principali della formazione del chimico con quelle dell'ingegnere industriale, vale a dire la conoscenza scientifica dei fenomeni chimico-fisici propria del primo, e la padronanza delle tecnologie applicative del secondo: è certo che storicamente si è creata attraverso questa giustapposizione la figura di confine dell'ingegnere chimico, ma in seguito essa è venuta acquisendo una propria identità culturale, individuata e separata rispetto alle due matrici da cui sostanzialmente scaturiva.

La figura professionale che si è delineata è infatti quella di un laureato destinato ad operare, in svariati settori, comunque sempre su procedimenti di produzione e trasformazione della materia, allo scopo dell'ottenimento ottimale di prodotti di base o specifici, o di manufatti; la possibilità di intervenire nel processo produttivo in tal senso, sia a livello di progettazione, sia a livello di conduzione, sia a livello di valutazione globale ed economica, sia ancora a livello d'individuazione di un eventuale impatto ecologico, richiede necessariamente, accanto ad una solida conoscenza di base dei fenomeni fisici e chimici, il necessario approfondimento dei meccanismi e dei modelli matematici per la loro descrizione ed interpretazione ed infine la pratica conoscenza delle tecnologie impiantistiche ed industriali in senso lato attraverso le quali è possibile la realizzazione di un processo industriale.

L'organica fusione di questi elementi - conoscenza scientifica di base, approccio matematico, informazione esauriente sulle tecnologie applicative - è stato l'obiettivo nella formazione del curriculum didattico per l'ingegnere chimico: attraverso l'acquisizione delle nozioni in tal modo assiate, si è potuto configurare un laureato che trova la giusta collocazione in tutti quei settori ove si realizzino processi che coinvolgono trasformazioni o scambi di materia, e quindi, oltre ovviamente allo specifico settore chimico, nei settori tessile, agro-alimentare, metallurgico, siderurgico, energetico, nonché in quelli del disinquinamento e della emergente tecnologia biochimica.

Gli ultimi anni hanno visto lo svilupparsi di nuovi filoni culturali, da quello dei materiali a quello biotecnologico, a quello del disinquinamento, nonché l'affinarsi delle tecniche di gestione e controllo degli impianti, argomenti che sono confluiti nei vari indirizzi applicativi: ciò ha certamente agevolato l'accesso dei laureati agli specifici settori di interesse, permettendo che complessivamente se ne acquisissero le metodologie e le nozioni tecnologiche. È certo tuttavia che, sostanzialmente, ha mantenuto la sua validità il bagaglio culturale complessivamente unitario dell'ingegneria chimica, valido proprio per la corretta fusione di fondamenti teorici, metodi di calcolo e principi delle tecnologie. In questo senso la buona corrispondenza tra nozioni accademiche e richiesta produttiva del mondo esterno si è sostanzialmente conservata, e ciò ha consentito un inserimento complessivamente facile nel mondo del lavoro.

PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DI CORSO DI LAUREA

Vito SPECCHIA

Dip. di Scienza dei Materiali ed Ingegneria Chimica

COMMISSIONE PER L'ESAME DEI PIANI DI STUDIO INDIVIDUALI

<u>Cesare BRISI</u>	Dip. di Scienza Materiali e Ingegneria Chimica
Romualdo CONTI	Dip. di Scienza Materiali e Ingegneria Chimica
Maria Pia PRATI GAGLIA	Dip. di Scienza Materiali e Ingegneria Chimica
Mario MAJA	Dip. di Scienza Materiali e Ingegneria Chimica
Vito SPECCHIA	Dip. di Scienza Materiali e Ingegneria Chimica

COMMISSIONE PER LE PROVE DI SINTESI

<u>Bruno DE BENEDETTI</u>	Dip. di Scienza Materiali e Ingegneria Chimica
Giuseppe GENON	Dip. di Scienza Materiali e Ingegneria Chimica
Giuseppe GOZZELLINO	Dip. di Scienza Materiali e Ingegneria Chimica

**COMMISSIONE PER L'ORIENTAMENTO DEGLI STUDENTI
NELLO SVILUPPO DEGLI STUDI**

<u>Romualdo CONTI</u>	Dip. di Scienza Materiali e Ingegneria Chimica
Agostino GIANETTO	Dip. di Scienza Materiali e Ingegneria Chimica
Mario ROSSO	Dip. di Scienza Materiali e Ingegneria Chimica
Paolo SPINELLI	Dip. di Scienza Materiali e Ingegneria Chimica
Diego MARZORATI	Rappresentante degli Studenti

COMMISSIONE PER L'ESAME DELLE DOMANDE DEGLI STUDENTI

<u>Cesare BRISI</u>	Dip. di Scienza Materiali e Ingegneria Chimica
Romualdo CONTI	Dip. di Scienza Materiali e Ingegneria Chimica
Carla MASSAZA	Dip. di Matematica

PROGRAMMI

Riportiamo di seguito l'elenco degli insediamenti del Corso di Laurea in Ingegneria Chimica in ordine alfabetico con il titolo dell'insegnamento, il nome del docente, il dipartimento di appartenenza, l'anno di corso e il periodo didattico, l'impegno didattico e l'indirizzo.

Degli insegnamenti ufficiali di altro Corso di Laurea, ma previsti nel piano individuale è riportato di seguito il solo elenco alfabetico con i relativi riferimenti:

IN120 Disegno Tecnico
 vedi Corso di Laurea in Ingegneria Mineraria

IN459 ANALISI MATEMATICA I

Prof. Marco CODEGONE

DIP. di Matematica

I ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. CHIMICA

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

84

6

Es.

56

4

Lab.

—

—

Finalità del corso è fornire gli strumenti di base del calcolo differenziale, propedeutici ai corsi della Facoltà di Ingegneria, utilizzando il linguaggio moderno della matematica ed insegnando come affrontare i problemi con rigore e spirito critico. Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni.

Nozioni propedeutiche: le nozioni fondamentali di algebra, di geometria, di trigonometria, secondo i programmi di scuola secondaria superiore.

PROGRAMMA

Teoria degli insiemi: nozioni di base.

Applicazioni fra insiemi: definizioni e proprietà.

L'insieme dei numeri reali e l'insieme dei numeri complessi.

Funzioni elementari di variabile reale e di variabile complessa.

Successioni, limiti di successioni.

Le proprietà locali delle funzioni reali di variabile reale: continuità, limiti, derivabilità. Confronto locale di funzioni.

Teoremi fondamentali del calcolo differenziale e le loro applicazioni.

Approssimazione locale di funzioni: formula di Taylor.

Cenni sulla approssimazione globale di funzioni reali di variabile reale.

Ricerca degli zeri di una funzione reale di variabile reale.

Teoria dell'integrazione: definizione di integrale indefinito, proprietà.

Regole di integrazione; l'integrale definito e le sue proprietà.

I teoremi della media; applicazioni numeriche, formula dei trapezi.

Integrazione delle funzioni elementari.

Sistemi dinamici discreti, sistemi dinamici continui, equazioni differenziali ordinarie.

ESERCITAZIONI

Esercizi relativi agli argomenti sviluppati nelle lezioni con applicazioni d'utilizzo di strumenti informatici (LAIB).

TESTI CONSIGLIATI

G. Geymonat, *Lezioni di matematica I*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1981.A.R. Scarafiotti, *Appunti alle lezioni di analisi matematica I*, Clut, Torino, 1980.A.R. Scarafiotti, *14 settimane di Analisi I*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, nuova edizione, 1985/86.

IN460 ANALISI MATEMATICA II

Prof. Maria Teresa GALIZIA ANGELI DIP. di Matematica

II ANNO - 1° PERIODO DIDATTICO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Corso di Laurea: ING. CHIMIC	Annuale (ore)	80	56	—
	Settimanale (ore)	6	4	—

Il corso si propone di completare la formazione matematica di base dello studente, con riferimento in particolare all'integrazione in più dimensioni, alla risoluzione di sistemi di equazioni ed ai metodi di sviluppi in serie, ponendo in risalto quegli aspetti che preparano e preludono alla comprensione di tecniche matematiche specialistiche indispensabili nella moderna ingegneria.

Il corso comprende, oltre alle ore di lezioni, ore di esercitazione.

Propedeutici sono i corsi di Analisi matematica I e di Geometria.

PROGRAMMA

Integrazione di funzioni di più variabili. Nozione di misura di un insieme e di integrale di una funzione. Formule di cambiamento di variabile.

Integrali impropri - Integrali dipendenti da un parametro.

Integrale di una funzione definita su una curva o una superficie.

Teoremi di Guldino.

Forme differenziali lineari. Nozione di forma esatta e di integrazione curvilineo di una forma.

Teorema di Green.

Campi vettoriali nello spazio. Rotore e divergenza di un campo. Flusso di un campo attraverso una superficie orientata. Teoremi di Gauss e Stokes.

Serie numeriche: proprietà e criteri di convergenza. Serie di funzioni.

Convergenza: proprietà e criteri relativi. Serie di potenze; raggio di convergenza. Sviluppi di Taylor e Mac Laurin. Applicazioni.

Serie di Fourier: proprietà e criteri di convergenza; esempi di analisi armonica.

Matrici - Serie di motrici - Matrice esponenziale.

Equazioni differenziali. Alcune equazioni particolari. Equazioni e sistemi differenziali lineari.

Proprietà delle soluzioni. Equazioni e sistemi lineari e coefficienti costanti.

ESERCITAZIONI

Parallelamente agli argomenti delle lezioni vengono svolti esercizi in aula e/o (se possibile) col calcolatore.

TESTI CONSIGLIATI

A. Bacciotti-F. Ricci, *Lezioni di Analisi matematica 2*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

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

H.B. Dwight, *Tables of Integrals and other Mathematical Data* - MacMillan.

IN599 CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE

Prof. Paola BARATELLA

DIP. di Matematica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Impiantistico

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

56

4

Es.

56

4

Lab.

—

—

Il corso ha lo scopo di preparare gli allievi alla risoluzione numerica di modelli matematici con i mezzi del calcolo automatico (linguaggio di programmazione Fortran). Il corso si articolerà su 8 ore settimanali (tra lezioni ed esercitazioni in aula). Ogni studente avrà poi la possibilità di utilizzare in modo intenso l'elaboratore e per la programmazione e per l'addestramento alla soluzione di problemi numerici. Nozioni propedeutiche: Analisi matematica I e II, Geometria.

PROGRAMMA

Rappresentazione dei numeri e operazioni aritmetiche in un calcolatore.

Errori, condizionamento di un problema e stabilità numerica di un algoritmo.

Risoluzione di sistemi di equazioni lineari. Metodo di Gauss, fattorizzazione LU e Choleski.

Metodi iterativi: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR.

Calcolo degli autovalori e autovettori di matrici: metodi delle potenze e potenze inverse, trasformazioni di similitudine (Householder), caso delle matrici tridiagonali simmetriche.

Approssimazione di funzioni e di dati. Interpolazione polinomiale e funzioni spline. Metodo dei minimi quadrati.

Derivazione numerica.

Calcolo delle radici di equazioni: metodi di bisezione, secanti, Newton; metodi iterativi in generale.

Alcuni metodi per la risoluzione di sistemi di equazioni non lineari.

Integrazione numerica: formule di Newton-Cotes e Gaussiane. Polinomi ortogonali.

Equazioni differenziali ordinarie. Problemi con valori iniziali: metodi one-step e multistep.

Sistemi Stiff.

ESERCITAZIONI

Breve presentazione degli elaborati elettronici. Linguaggio Fortran. Analisi ed implementazione dei metodi numerici presentati nelle lezioni. Risoluzione di problemi.

LABORATORI

Un elaboratore elettronico è a disposizione (quotidianamente) degli studenti per la messa a punto e sperimentazione dei programmi di calcolo realizzati.

TESTI CONSIGLIATI

G. Monegato, *Calcolo numerico*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1985.

A. Orsi Palamara, *Programmare in FORTRAN 77*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1987.

IN465 CHIMICA

Prof. Cesare BRISI

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

I ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. CHIMICA

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

90

45

—

6

3

—

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 più comuni e dei loro principali composti. Esso si articola di conseguenza in tre parti: una 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).

Il corso prevede 90 ore di lezione, 40 ore di esercitazione, 10 ore di proiezioni didattiche. 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.

Il sistema periodica 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. Potenza d'elettrodo. Serie elettrochimica. Tensioni di decomposizione. Potenziali di ossido-riduzione.

Chimica inorganica: Proprietà e metodi di preparazione industriale dei seguenti elementi e dei 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, nitrilli; 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.

RICERCATORI ADDETTI ALLE ESERCITAZIONI E/O LABORATORI

A. DEL MASTRO (salvo cambiamenti)

TESTI CONSIGLIATI

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*, Librerie Eredi Virginio Veschi, Roma.L. Rosemberg, *Teoria e applicazioni di chimica generale*, Collane Schaum, Etas Kompass.M. Montorsi, *Appunti di Chimica Organica*, Celid, Torino, 1987.

IN501 CHIMICA ANALITICA INDUSTRIALE PER L'INGEGNERIA

Prof. M. Pia PRATI GAGLIA

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

II ANNO (*)

2° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. CHIMICA

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	56	28	48
Settimanale (ore)	4	6	—

Il corso intende approfondire la conoscenza della Chimica generale e inorganica e fornire, attraverso l'approfondimento delle relazioni chimico-fisiche del Sistema Periodico e dei concetti cinetici e termodinamici relativi agli equilibri chimici, le basi essenziali per un indirizzo di tipo chimico di un corso ingegneristico. È inoltre evidenziato l'apporto dei principi e dei mezzi analitici al controllo e alla conduzione dei processi industriali, nonché alla acquisizione di dati utili per la progettazione. Il corso si svolge sulla base di 4 ore di lezione, 2 ore di esercitazioni e 4 ore di laboratorio settimanali più 16 ore complessivamente di laboratorio strumentale. Sono propedeutiche le nozioni impartite nel corso di Chimica.

PROGRAMMA

Il contenuto del corso comprende una prima parte a carattere generale in cui vengono ripresi alcuni concetti fondamentali di chimica; in particolare sono trattati i seguenti argomenti: la reazione chimica e il suo aspetto qualitativo e quantitativo. L'equilibrio chimico da un punto di vista cinetico e termodinamico, 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, bronsted e Lewis), il pH. La valutazione dei dati analitici, teoria degli errori. *Chimica analitica quantitativa: Analisi volumetrica:* sono trattati i quattro tipi fondamentali di reazioni utilizzati nell'analisi volumetrica e le curve di titolazione relative: reazioni acido-base (teoria degli indicatori, calcolo del pH); reazioni di precipitazione (solubilità e prodotto di solubilità); reazioni di ossido-riduzione (potenziali, equazione di Nernst, celle, potenziali standard, costanti di equilibrio); reazioni con formazione di complessi (composti di coordinazione, chelati). *Analisi gravimetrica:* La precipitazione (solubilità e purezze dei precipitati).

Chimica analitica qualitativa: Caratteristiche principali del Sistema periodico degli elementi. Proprietà e caratteristiche dei composti inorganici e il legame chimico. Analisi sistematica dei cationi. Analisi degli anioni.

Metodi strumentali di analisi: La cromatografia: principi e tipi; la gascromatografia. La potenziometria: titolazioni e misura del pH. La spettrofotometria: metodi UV, VIS, IR.

ESERCITAZIONI

In aula verranno svolte esercitazioni di calcolo riguardanti l'applicazione dei principi teorici esposti a lezione.

LABORATORI

In laboratorio vengono eseguite dagli studenti esercitazioni relative all'analisi quantitativa, qualitativa e strumentale.

RICERCATORI ADDETTI ALLE ESERCITAZIONI E/O LABORATORI

I. MAZZARINO (salvo cambiamenti)

TESTI CONSIGLIATIA. Skoog - D. West, *Introduzione alla Chimica analitica*, Ed. Piccin, Padova.H. Freiser - Q. Fernando, *Gli equilibri ionici nella Chimica analitica*, Ed. Piccin, Padova.A. Araneo, *Chimica analitica qualitativa*, Ed. C.E.A., Milano.(*) *Insegnamento sostitutivo di Geometria II*

IN047 CHIMICA APPLICATA

Prof. Cesare BRISI

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

II ANNO (*)

2° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. CHIMICA

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	30	15
Settimanale (ore)	6	3	—

Il corso verte sullo studio delle proprietà, dei metodi di elaborazione e delle caratteristiche d'impiego dei materiali di più comune utilizzazione nella pratica ingegneristica. Il corso si sviluppa su 80 ore di lezione; 25-40 ore di esercitazione e laboratorio. Nozioni propedeutiche: è indispensabile la conoscenza della chimica generale e inorganica e di alcune nozioni fondamentali di chimica organica, nonché dei concetti base della fisica. Esami propedeutici: Chimica, Fisica I.

PROGRAMMA

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

Combustione e combustibili. Potere calorifico. Aria teorica di combustione. Volume e composizione dei fumi. Calcolo dell'aria in eccesso. Temperatura teorica di combustione. Perdita al camino. Caratteristiche e metodi di elaborazione dei principali combustibili solidi, liquidi, gassosi. Carburanti. Lubrificanti.

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

Materiali ceramici e refrattari. Refrattari silicei, silico-alluminosi, magnesiaci, cromitici, cromo-magnesiaci, grafitici. Saggi sui refrattari. Materiali ceramici di uso industriale.

Materiali leganti. Calce aerea e gesso d'opera. Cemento Portland, pozzolanico e d'alto forno: preparazione e caratteristiche chimico-fisiche. Meccanismi di idratazione. Cenni sui calcestruzzi. Vetro e vetroceramiche.

Materiali ferrosi. Produzione della ghisa d'alto forno. Diagrammi di stato ferro-cementite e ferro-grafite. Affinazione della ghisa. Trattamenti termici degli acciai. Cementazione e nitrurazione. Ghise da getto. Classificazione UNI. Cenni sugli acciai speciali.

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

Rame. Proprietà fisico-meccaniche. Ottoni e bronzi.

Materie plastiche. Polimeri e polimerizzazione. Principali tipi di resine termoplastiche e termoidurenti. Siliconi.

ESERCITAZIONI

Calcoli numerici e illustrazione di prove di laboratorio riguardanti gli argomenti sopra elencati.

LABORATORI

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

RICERCATORI ADDETTI ALLE ESERCITAZIONI E/O LABORATORI

C. BADINI (salvo cambiamenti)

TESTI CONSIGLIATI

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

(*) *Insegnamento del triennio anticipato al biennio.*

IN049 CHIMICA DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

Prof. Giovanni Battista SARACCO

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Processistico

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	14	20
Settimanale (ore)	5	1	4

Il corso intende illustrare i più importanti concetti della chimica industriale, in senso termodinamico e processistico, che formano la base per la definizione di sviluppo delle tecnologie industriali.

Una prima parte del corso, di tipo generale, tratta alcuni concetti di base in equilibri di fase e separazione, e ne sviluppa sia la definizione teorica, sia le modalità realizzative.

Una seconda parte del corso, più applicativa e tecnologica, illustra l'applicazione dei principi sopra ricordati a processi di produzione di materiali di interesse nucleare, di riprocessamento dei combustibili esauriti, di innocuizzazione dei prodotti di fissione e di produzione dell'acqua pesante.

PROGRAMMA

Metodi di separazione fondati sulla formazione di complessi, sulla distillazione frazionata, sulla cristallizzazione, sullo scambio ionico: principi e tecnologie.

Principali materiali di interesse nelle tecnologie nucleari e loro applicazioni.

Processi di produzione di combustibili nucleari (uranio, plutonio, torio).

Produzione di deuterio e di acqua pesante secondo diverse tecnologie: distillazione, elettrolisi, scambio isotopico.

Riprocessamento del combustibile per via umida (cicli Redex, Purex, TTA); reprocessing per via secca.

ESERCITAZIONI

Durante le esercitazioni in aula si svolgono calcoli numerici su distillazione, cristallizzazione, relazioni stechiometriche e bilanci di materia, operazioni di trasferimento.

Ad ulteriore chiarimento, in laboratorio vengono eseguite esperienze di estrazione con solvente e separazioni per precipitazione, e sui risultati analitici vengono eseguite valutazioni numeriche.

RICERCATORI ADDETTI ALLE ESERCITAZIONI E/O LABORATORI

M. ONOFRIO (salvo cambiamenti)

TESTI CONSIGLIATI

Dispense del corso edite dalla Clut.

IN050 CHIMICA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI CERAMICI E REFRATTARI

Prof. Ignazio AMATO

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

72

15

—

INDIRIZZO: Metallurgico - Materiali - Siderurgico

Settimanale (ore)

5

4

—

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.

Nozioni propedeutiche: Chimica, Chimica applicata, Chimica fisica.

PROGRAMMA

I solidi: fondamenti teorici. L'ordine nei solidi. La struttura cristallina e l'analisi strutturale. Le metodologie analitiche: l'analisi ai Raggi X e l'analisi ceramografica. Solidi duttili e solidi fragili. Le proprietà meccaniche dei solidi e la tenacità alla frattura. I difetti nei solidi e la diffusione. La densificazione dei solidi per sinterizzazione. Il trattamento matematico della densificazione per sinterizzazione. Le proprietà dei solidi sottoposti a sinterizzazione: la superficie specifica e la sua misura. Le caratteristiche dei sinterizzati: la porosità aperta e chiusa, la dimensione dei pori. L'influenza dei gas occlusi nei sinterizzati e la regressione della densità dei sinterizzati. Sinterizzazione in sistemi a più componenti solidi. Sinterizzazione in sistemi solido-liquido. Densificazione per pressatura a caldo.

I materiali ceramici ordinari. Le materie prime per la produzione dei ceramici ordinari: le argille. le proprietà delle argille: dimensione particelle, potere di scambio, potere di fluidificazione, potenziale zeta e plasticità. Costituenti non argillosi negli impasti ceramici: quarzo e faldspato. Tecnologia dei materiali ceramici ordinari: preparazione degli impasti, formatura degli impasti, essiccamento e cottura, rivestimento e decorazione. Prodotti ceramici ordinari a tessitura porosa: laterizi, terracotte, terraglie. Prodotti ceramici ordinari a tessitura compatta: gres e porcellana.

I refrattari ordinari e speciali; generalità. I refrattari ordinari acidi: silicei, silicei-alluminosi ed alluminosi. I refrattari ordinari basici: magnesiaci, forsteritici, cromo-magnesiaci, magnesio-cromitici, dolomitici. I refrattari ordinari neutri: cromitici, grafitici.

I refrattari speciali: tecnologia di produzione dei manufatti. I refrattari speciali a base di ossido di alluminio, a base di ossido di zirconio, a base di ossido di berillio, a base di ossido di torio. Refrattari speciali - Ceramiche Ingegneristiche: il Carburo ed il Nitruro di Silicio. Refrattari speciali - Ceramiche Tecnici: Boruri e Siliciuri. I rivestimenti refrattari e le tecnologie relative. I materiali vetrosi ed i vetroceramici. Le fibre di vetro ed i materiali compositi. La tecnologia di fabbricazione delle fibre di vetro e le proprietà relative. I rinforzi con fibre ceramiche: fibre di boro, fibre di asbesto. Le fibre di carbonio: proprietà, tecnologia, applicazioni.

I ceramici utilizzati come utensili. I carburi cementati. I carburi cementati rivestiti ed i processi di rivestimento in fase vapore.

Ceramici e refrattari: impatto economico ed avanzamento tecnologico.

TESTI CONSIGLIATI

G. 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*.

IN051 CHIMICA FISICA

Prof. Mario MAJA

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
ChimicaIII ANNO
1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	84	40	—
Settimanale (ore)	6	4	—

Il corso che viene sviluppato con l'intento di dare agli allievi le basi concettuali necessarie per lo studio delle reazioni e dei processi chimici, è suddiviso in tre parti. Nella prima parte è discusso il calcolo delle caratteristiche termodinamiche e delle condizioni di equilibrio di sistemi omogenei, anche considerando le proprietà molecolari delle singole specie; viene considerato inoltre il caso dell'equilibrio nei sistemi eterogenei. Nella seconda parte del corso vengono studiate le modalità di evoluzione dei sistemi. Nella terza parte del corso vengono trattati argomenti riguardanti le proprietà delle soluzioni elettrolitiche ed i fenomeni superficiali.

Il corso è integrato con numerose esercitazioni di calcolo e di laboratorio.

Lo studio della materia presuppone la conoscenza dei principi fondamentali della Chimica e della Fisica.

PROGRAMMA

Sistemi omogenei. Leggi termodinamiche; equilibrio chimico; bilancio energetico; equazione di Gibbs-Helmholtz; equazione di Clapeyron; potenziali chimici; isocora e isoterma di Van't Hoff; resa delle reazioni, reazioni in condizioni adiabatiche; teorema del calore ed il terzo principio; miscele ideali; equilibri di membrana. *Interpretazione molecolare della termodinamica.* Statistica di Maxwell-Boltzmann, gas ideali; introduzione alla meccanica quantistica; i sistemi gassosi; equazioni di stato. *Sistemi reali.* Fugacità di gas; attività nei liquidi; equilibri bifasici; azeotropi. *Sistemi eterogenei.* Regola delle fasi; i diagrammi di stato; sistemi con più di tre componenti. Soluzioni elettrolitiche. Teoria elementare degli elettroliti; teoria di Debye-Hückel; pile elettrochimiche e potenziali di elettrodo; equilibrio di membrana; potenziali di diffusione. *Fenomeni superficiali.* Potenziali chimici e curvatura delle superfici; teorema di Gibbs; fenomeni superficiali per solidi; adsorbimento di gas su solidi; le soluzioni colloidali. *La cinetica.* La velocità delle reazioni; determinazione dell'ordine di reazione; reazioni concomitanti e consecutive; reazioni monomolecolari; energia di attivazione; teoria delle velocità assolute di reazione; reazioni a catena; reazioni eterogenee; la catalisi; reazioni fotochimiche; processo primario.

ESERCITAZIONI

Nelle esercitazioni di calcolo vengono sviluppati esempi scelti tra le più significative applicazioni della Chimica fisica all'Ingegneria.

TESTI CONSIGLIATI

M. Maja, *Note di termodinamica e cinetica chimica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

M. Maja - P. Spinelli, *Applicazioni di termodinamica e cinetica chimica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

S. Carrà, *Introduzione alla termodinamica chimica*, Ed. Zanichelli.

W.J. Moore, *Chimica fisica*, Ed. Piccin.

C.R. Metz, *Teoria e problemi di Chimica fisica*, Ed. Schaum.

IN053 CHIMICA INDUSTRIALE

Prof. Giovanni Battista SARACCO

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	28	40
Settimanale (ore)	5	2	—

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 cinetici, termodinamici, chimico-fisici per una valutazione preliminare di processo; da un punto di vista più applicativo ed impiantistico, viene successivamente dato spazio a valutazioni complessive, nel senso dell'interazione con l'ambiente esterno, del bilancio energetico globale, della destinazione dei sottoprodotti e rifiuti.

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 di un processo chimico.

Aspetti termodinamici, termochimici e cinetici delle reazioni chimiche. Equilibri tra le fasi, separazioni e calcoli di cristallizzazione. Cinetica di reazione, con e senza effetti di trasporto di materia, e catalizzatori. Dimensionamento di reattori continui e discontinui.

Problematiche connesse con l'impiego e lo smaltimento dei prodotti e dei rifiuti.

Parte applicativa: Principali reazioni di interesse industriale nelle sintesi organiche: idrogenazione, deidrogenazione, ossidazione, esterificazione, alchilazione, solfonazione, nitratura, amminazione, ossosintesi, vinilazione, 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.

LABORATORI

È prevista l'esecuzione di alcune esercitazioni di laboratorio, dirette a chiarire alcuni fondamentali concetti termodinamici, cinetici e di processo trattati teoricamente e sviluppati con calcoli numerici.

RICERCATORI ADDETTI ALLE ESERCITAZIONI E/O LABORATORI

M. ONOFRIO (salvo cambiamenti)

TESTI CONSIGLIATIR. Rigamonti, *Chimica industriale*, Clut, Torino.G. Natta - I. Pasquon, *I principi fondamentali della chimica industriale*, Amb. Ed. Milano.P.H. Groggin, *Unit Processes in Organic Synthesis*, McGraw Hill.

IN502 CHIMICA MACROMOLECOLARE E TECNOLOGIA DEGLI ALTI POLIMERI

Prof. Giuseppe GOZZELINO

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Processistico - Materiali

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

70

6

Es.

15

(comp.)

Lab.

(compl.)

(compreso Lab.)

Il corso si propone di fornire un quadro generale sui principali tipi di polimeri sintetici, sulle loro caratteristiche e impieghi. Nella prima parte vengono trattati i concetti generali della Chimica macromolecolare e la loro applicazione alla sintesi di polimeri industriali. Nella seconda parte sono discusse le principali proprietà fisiche e tecnologiche dei polimeri considerate da un punto di vista generale nonché le tecnologie di trasformazione impiegate nei più importanti settori applicativi quali le materie plastiche, gli elastomeri, i polimeri termo-indurenti.

Il corso si svolgerà con lezioni, laboratori, visite di istruzione.

Nozioni propedeutiche: Chimica organica, Chimica applicata, Chimica fisica, Chimica industriale.

PROGRAMMA

Concetti generali: tipi di polimeri e loro struttura: principali settori applicativi.

Esame dei fattori che determinano le proprietà dei polimeri; peso molecolare e distribuzione dei pesi molecolari; forze di coesione intermolecolari: densità di energia coesiva; regolarità della struttura: stereoregolarità: flessibilità della catena polimerica. Morfologia dei polimeri amorfi; struttura dei polimeri cristallini.

Aspetti generali delle reazioni di polimerizzazione: reazioni di policondensazione; reazioni di poliaddizione radicalica e di copolimerizzazione; reazioni di poliaddizione cationica, anionica e coordinata. Principali polimeri di interesse industriale: sintesi, proprietà, impieghi.

Proprietà dei polimeri in massa: proprietà termiche dei polimeri amorfi e cristallini. Stato vetroso e stato gommoso. Proprietà meccaniche: curve sforzo-allungamento. Elasticità della gomma. Reologia dei polimeri fusi. Viscoelasticità dei materiali polimerici.

Tecnologie di trasformazione: polimeri termoplastici: stampaggio per iniezione, estrusione e altre tecnologie. Polimeri termoindurenti: tipi di resine e tecnologie di stampaggio. Tecnologie degli elastomeri. Polimeri per vernici ed adesivi: tecnologie di impiego.

Materiali polimerici espansi e materiali compositi.

Impiego dei materiali polimerici nell'industria chimica.

ESERCITAZIONI E LABORATORI

Esercitazioni sperimentali su alcune reazioni di polimerizzazione e sulla caratterizzazione di polimeri. Visite ad impianti di trasformazione delle materie plastiche e gomme.

TESTI CONSIGLIATI

F.W. Billmeyer, *Textbook of Polymer Science*, Wiley-Interscience, New York, 1971.

F. Rodriguez, *Principles of Polymer Systems*, McGraw Hill, New York, 1982.

Scienza e Tecnologia delle macromolecole, a cura dell'AIM, vol. 1, Ed. Pacini, Pisa, 1983.

IN056 CHIMICA ORGANICA

Prof. Franco FERRERO

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

II ANNO (*)

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	14	—
Settimanale (ore)	5	1	—

Il corso, oltre a fornire agli allievi i fondamenti della chimica dei composti organici, intende approfondire gli aspetti di base delle reazioni inerenti i processi trattati nei corsi fondamentali di Chimica industriale e Tecnologie chimica industriali e nei corsi specialistici di Chimica tessile, Chimica macromolecolare e Tecnologia degli alti polimeri, petrolchimica, Processi biologici industriali.

Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni in aula.

Nozioni propedeutiche: Chimica, Fisica.

PROGRAMMA

Fondamenti: Struttura elettronica degli atomi. Legame chimico e struttura molecolare. Relazioni tra struttura e proprietà chimico-fisiche dei composti organici. Isomeria. Stereochimica. *Reazioni organiche:* Classificazione. Specie reattive e intermedi di reazione. Effetti elettronici e sterici. Reagenti elettrofili e nucleofili. Solventi. Meccanismi, aspetti cinetici e termodinamici, stereochimica delle reazioni di: sostituzione e addizione radicalica, eliminazione, addizione elettrofila, sostituzione elettrofila aromatica, sostituzione nucleofila, addizione nucleofila, ossidazione e riduzione. Reazioni di sintesi, polimerizzazione, condensazione, trasposizione, cicloaddizione, biologiche.

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

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula vertono sul programma svolto sotto forma di esercizi e di problemi.

TESTI CONSIGLIATI

R.T. Morrison - R.N. Boyd, *Chimica organica*, Ed. Ambrosiana, Milano, 1985.

Biancetti - Rosnati, *Fondamenti di Chimica organica*, Ed. Guadagni, Milano, 1978.

Ternay, *Chimica organica contemporanea*, 1979 (tradotta da F. Naso), Ed. Ambrosiana, Milano, 1982.

IN058 CHIMICA TESSILE

Prof. Franco FERRERO

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
ChimicaIV ANNO
2° PERIODO DIDATTICO
INDIRIZZO: Processistico

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	75	(compl.)	
Settimanale (ore)	6	(compl.)	

Il corso è inteso come sviluppo di parti specialistiche della chimica industriale organica, pertanto tende a fornire un inquadramento logico delle diverse tecnologie della chimica tessile in una visione unitaria, più che informazioni di tipo pratico-descrittivo.

Il corso si svolgerà con lezioni, qualche esercitazione di laboratorio, visite a stabilimenti, seminari.

Nozioni propedeutiche: Chimica analitica, Chimica organica, Chimica fisica, Chimica industriale.

PROGRAMMA

Chimica delle fibre tessili. Generalità; classificazione, struttura polimeri, proprietà morfologiche, fisiche e chimiche; fibre naturali proteiche e cellulose; tecnofibre da polimero naturale: cellulose (rayon viscosa, cupro, acetato e triacetato), alginiche, proteiche; tecnofibre da polimero sintetico: poliammidi, poliestere, acriliche, cloroviniliche, poliolefiniche, poliuretaniche; fibre inorganiche.

Trattamenti pretintoriali (lavaggio, sbianca, sbizzimatura, ecc.).

Processi tintoriali. Principi della colorimetria industriale, misura del colore; coloranti: proprietà tintoriali e chimiche, classificazione; chimica fisica dei processi tintoriali; tintura lana con coloranti acidi, cromo e premetallizzati; tintura fibre cellulose con coloranti diretti, basici, tino, zolfo e azoici a sviluppo, coloranti reattivi; tintura fibre sintetiche e loro miste; apparecchi e impianti di tintura, processi in solvente.

Processi di stampa e di finissaggio chimico.

ESERCITAZIONI

Qualche esercitazione sperimentale sull'analisi delle fibre e sulla tintura.

TESTI CONSIGLIATI

R.W. Moncrieff, *Man-made fibres*, Heywood e Co, Londra, 1963.

P.L. Tazzetti, *Lezioni di chimica tintoria*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1969.

AA.VV., *Manuale di Tecnologia tessile*, Cremonese, Roma, 1981.

C.L. Bird - W.S. Boston, *The theory of coloration of textiles*, Dyers Co. Publication Trust, Bradford, 1975.

L.W.C. Miles, *Textile Printing*, Dyers Co. Publication Trust, Bradford, 1981.

D.M. Nunn, *The dyeing of synthetic polymer and acetate fibres*, Dyers Co. Publication Trust, Bradford, 1979.

C. Duckworth, *Engineering in textile coloration*, Dyers Co. Publication Trust, Bradford, 1983.

IN090 CORROSIONE E PROTEZIONE DEI MATERIALI METALLICI

Prof. Mario MAJA

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettrochimico - Materiali

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	14	—
Settimanale (ore)	5	1	—

Il corso ha lo scopo di fornire agli allievi le basi concettuali necessarie per discutere i processi di deterioramento dei materiali metallici provocati dalla corrosione e per scegliere i metodi di prevenzione e protezione 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. Il corso è integrato con esercitazioni di laboratorio riguardanti il comportamento di vari materiali in ambienti diversi.

Nozioni propedeutiche: Chimica, Metallurgia.

PROGRAMMA

Introduzione. Proprietà termodinamiche della specie chimiche; caratteristiche delle soluzioni elettrolitiche; potenziali di elettrodo; diagrammi pH-potenziale; fenomeni di polarizzazione e passivazione; potenziali di isopolarizzazione; comportamento generale delle superfici metalliche in elettroliti.

Corrosione ad umido. Principi fondamentali, reazioni caratteristiche, fattori di localizzazione; parametri che influenzano la velocità di corrosione; vari tipi di corrosione: per coppie galvaniche, per aereazione differenziale, pitting, intercrystallina, tensiocorrosione, corrosione a fatica, corrosione microbiologica, corrosione atmosferica.

Prove di corrosione. Unificazione e tipi di prove; apparecchi per il controllo e lo studio dei fenomeni di corrosione; camera a nebbia salina, potenziostati ecc..

Materiali e ambiente. Comportamento di metalli in ambienti diversi con particolare riferimento a ferro, rame, zinco, alluminio, piombo e loro leghe.

Prevenzione contro la corrosione. Fattori influenti la progettazione degli impianti; protezione anodica e catodica; ricoprimenti metallici e trattamenti protettivi; vernici e loro proprietà.

Correnti vaganti. Corrosione per correnti vaganti, rilevamento dei potenziali del terreno; protezione di strutture nel suolo.

Corrosione a secco. Reazioni tra gas e metalli; fenomeni di ossidazione a caldo; decarburazione ed alterazione superficiale dei metalli; formazione ed effetto degli strati ossidati; cinetica di accrescimento degli strati superficiali; ossidazione accelerata.

TESTI CONSIGLIATI

G. Bianchi - F. Mazza, *Fondamenti di corrosione e protezione dei metalli*, Tamburini, Milano.

P. Pedferri, *Corrosione e protezione dei materiali metallici*, Ed. Clup, Milano.

M. Pourbaix, *Leçons en corrosion electrochimique*, Cebelcor.

Nace, *Corrosion Course*, Houston, Texas 77027.

IN095 COSTRUZIONE DI MACCHINE PER L'INDUSTRIA CHIMICA

Prof. Muzio GOLA

DIP. di Meccanica

IV ANNO
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	60	84	6
Settimanale (ore)	4	6	—

Il corso si propone di rendere l'allievo capace di padroneggiare i principali fenomeni statici e dinamici che si incontrano nel progetto di elementi meccanici e strutture tipici degli impianti chimici. Si approfondiscono le proprietà degli stati di tensione e deformazione in materiali isotropi, si illustrano le ipotesi di rottura statica, il calcolo a fatica, il calcolo a meccanica della frattura. Si espongono le trattazioni analitiche di tubi spessi, dischi, piastre inflesse, gusci in campo membranale ed effetti locali sui gusci. Si introduce infine l'allievo al metodo degli elementi finiti illustrando le applicazioni a calcolatore, in modo da fornire una preparazione di base utile ad eventuali approfondimenti.

Il corso si svolgerà con 4 ore settimanali di lezione, 6 di esercitazioni, delle quali 2 di applicazione della teoria e 4 per il progetto completo di un recipiente in pressione. Nozioni propedeutiche: Scienza delle costruzioni, Disegno tecnico, Meccanica applicata.

PROGRAMMA

Tensore e vettore della tensione. Tensioni e direzioni principali, autovalori e autovettori. Cerchi di Mohr nello spazio. Invarianti. Ipotesi di rottura, materiali fragili e duttili. Teoria della deformazione.

Gusci assialsimmetrici in campo membranale. Lastre piane sollecitate nel loro piano e tubi spessi. Piastre in flessione debole. Effetti di bordo nei gusci cilindrici.

Effetti d'intaglio: materiali duttili e fragili, sollecitazioni statiche e a fatica. Fatica cumulativa (Miner); diagrammi e curve master. Meccanica della frattura: Westergaard, legame a rottura tra lunghezza della cricca e tensione applicata; effetto dello spessore. Meccanica della frattura e fatica; piani di controllo della frattura.

Coefficienti di sicurezza di carico e di sollecitazione. Saldatura: provette Van der Eb e Vandepierre, metodo ISO, calcolo statico e a fatica dei cordoni di saldatura. Calcolo delle guarnizioni, larghezza ottimale e pressione ottimale. Cenni sul calcolo delle flange.

Metodo matriciale di rigidità per calcolo strutturale: travi e barre. Equazione dei lavori virtuali e metodo degli elementi finiti: elementi piani, assialsimmetrici, piastra e guscio a spostamenti assegnati. Elementi isoparametrici.

ESERCITAZIONI

Esercizi applicativi della teoria. Progetto di un recipiente in pressione, con disegno (a squadre).

LABORATORI

Applicazioni a calcolatore del metodo degli elementi finiti (a squadre).

TESTI CONSIGLIATI

M. Gola - A. Gugliotta, *Calcolo strutturale sistematico*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.
Appunti del corso su materiali e saldatura.

IN469 DISEGNO

Prof. Rita QUENDA

IST. di Tecnologia Meccanica

I ANNO

1° e 2° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. CHIMICA

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	30	120	—
Settimanale (ore)	1	4	—

Il corso è diretto a fornire le nozioni teoriche ed applicative di rappresentazione grafica e la conoscenza delle norme fondamentali per l'esecuzione e l'interpretazione di disegni e progetti di elementi che interessano l'ingegneria. Viene dato particolare rilievo alla normazione nazionale ed internazionale. Il corso è propedeutico agli insegnamenti di disegno sviluppati negli anni seguenti nei vari indirizzi.

Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni.

Nozioni propedeutiche: i contenuti dei corsi di Geometria piana e solida.

PROGRAMMA

Caratteristiche del disegno. Strumenti e mezzi tecnici. Condizionamenti formali nella normativa nazionale ed internazionale.

Tecnica operativa di rappresentazione nel sistema Europeo ed Americano; assonometrie generiche ed unificate, proiezioni ortogonali, ausiliarie e sezioni, viste esplose.

Quotatura e sistemi di quotatura: convenzioni, caratteristiche, funzionalità.

Tecnologie di base: cenni sui sistemi di produzione emergenti.

Dimensioni nominali e tolleranze dimensionali; normativa nazionale ed internazionale per i diversi accoppiamenti.

Collegamenti smontabili: filettatura, convenzioni e caratteristiche geometriche e funzionali; bulloneria, rosette ed elementi di sicurezza.

Collegamenti fissi: chiodature e saldature.

Finitura superficiale e rugosità.

Studio di composizione e scomposizione di complessivi.

Scelta degli elementi unificati nella progettazione di nodi strutturali e di semplici insiemi.

Elementi di C.A.D. (Disegno assistito dal calcolatore).

ESERCITAZIONI

Disegno a mano libera e con attrezzi di elementi meccanici. Rilievo dal vero. Rappresentazione di complessivi e relativi particolari. Impostazione di grafici e diagrammi.

TESTI CONSIGLIATI

Maifreni, *Il disegno meccanico*, vol. 1 e 2, Paravia, Torino.

Chevalier, *Manuale del disegno tecnico*, SEI, Torino.

Straneo - Consorti, *Disegno tecnico*, vol. unico, Principato, Milano.

IN127 ECONOMIA E TECNICA AZIENDALE

Prof. Antonino CARIDI (1° e 2° corso) IST. di Trasporti e Organizzazione Aziendale

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Processistico

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

— —

4 4 —

Il corso presenta i principi e le applicazioni dell'economia aziendale e delle tecniche aziendali nel quadro delle decisioni relative sia alla gestione operativa che alla evoluzione ed allo sviluppo dell'impresa. I temi generali trattati sono: obiettivi, decisioni, strategie aziendali, la previsione e la programmazione. Il controllo del processo produttivo ed il controllo economico di gestione.

Il corso si svolge con lezioni ed esercitazioni.

Nel corso sono trattate in fase propedeutica nozioni di matematica finanziaria, di statistica e di ricerca operativa (programmazione lineare, tecniche reticolari, teoria delle code, metodi di simulazione).

PROGRAMMA

Parte 1^a. L'impresa; le strategie e gli obiettivi. Le decisioni aziendali e la loro integrazione sia nell'ottica gestionale che in quelle di evoluzione e sviluppo dell'impresa. Elementi di macroeconomia e microeconomia. Metodi di analisi economica per la scelta fra alternative.

Parte 2^a. La pianificazione e programmazione della gestione dell'impresa. Principi e tecniche di analisi previsionale. Pianificazione e programmazione delle vendite, della produzione, degli approvvigionamenti, dei trasporti, delle risorse finanziarie correnti, e loro integrazione nel piano di gestione aziendale. Metodi di programmazione operativa: scheduling, routing, dispatching, controllo avanzamento: il diagramma di Gantt; il Pert. Metodi di programmazione delle giacenze e di calcolo dei lotti economici. Lo studio del ciclo di lavorazione, dei metodi e dei tempi di lavorazione e le tecniche statistiche di campionamento del lavoro.

Parte 3^a. Controllo di gestione. Il controllo statistico della qualità; le carte di controllo per variabili, per attributi; i piani di campionamento. Il controllo quantitativo; l'adeguamento del piano di gestione; metodi di controllo delle giacenze anche con modelli probabilistici. Il controllo economico; metodi di contabilità industriale: il costo di fabbricazione a costi reali e a costi standard; l'analisi del valore; i budget. Sistemi di informazione per la programmazione ed il controllo della gestione. Sistemi di elaborazione dei dati.

Parte 4^a. La pianificazione dell'evoluzione e dello sviluppo dell'impresa. Si esaminano le decisioni dell'impresa relative all'evoluzione ed allo sviluppo dei prodotti e mercati, delle strutture distributive e di vendita, di produzione, di approvvigionamento e finanziarie. Questa parte tratta in particolare dell'individuazione, valutazione e scelta degli investimenti in relazione ai piani di evoluzione e di sviluppo.

Parte 5^a. Sintesi della posizione economico-finanziari dell'impresa e prospettive. Il bilancio: gli indici caratteristici.

ESERCITAZIONI

Analisi previsionale. Programmazione lineare applicata ai piani integrati di gestione ed alla programmazione della produzione. Gestione delle scorte. Dimensionamento di servizi con metodi di simulazione. Tempi e metodi di lavorazione; abbinamento macchine; campionamento statistico del lavoro. Controllo statico di qualità. Scelta fra alternative, anche di investimento; il flusso di cassa scontato. Il bilancio: lo stato patrimoniale, il conto economico, il flusso dei fondi, gli indici caratteristici.

TESTI CONSIGLIATI

- A. Caridi, *Tecniche organizzative e decisionali per la gestione aziendale*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1982.
- A. Caridi, *Esercitazioni di economia e tecnica aziendale*, Clut, Torino.
- N. Dellepiane, *Metodi di analisi economica per la preparazione del piano integrato di gestione aziendale*, G. Giappichelli, Torino, 1978.
- N. Dellepiane, *Documenti economico finanziari di sintesi della gestione aziendale*, seconda edizione riveduta, G. Giappichelli, Torino, 1978.
- N. Dellepiane, *Metodi Bayesiani di analisi economica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1963.
- N. Dellepiane, *Decisioni di investimento e decisioni di finanziamento*, G. Giappichelli, Torino, 1983.

IN137 ELETTROCHIMICA

Prof. Paolo SPINELLI

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettrochimico

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	76	—	40
Settimanale (ore)	6	—	4

Il corso ha lo scopo di sviluppare i principali aspetti di una materia interdisciplinare di notevole interesse per l'ingegnere chimico, per le numerose connessioni con importanti settori quali la produzione di energia, le tecnologie avanzate, i processi biologici, la corrosione. I concetti fondamentali vengono sviluppati in funzione dell'utilizzazione tecnica e scientifica dei metodi elettrochimici. Oltre alle ore di lezione il corso prevede esercitazioni di laboratorio sui principali argomenti trattati. Al termine del corso viene normalmente effettuata una visita.

Il corso presuppone la conoscenza delle nozioni fondamentali di Chimica, Fisica, Elettrotecnica e Chimica fisica.

PROGRAMMA

Proprietà degli elettroliti. Conducibilità. Teoria di Arrhenius. Teoria di Deby 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. F.e.m. di celle galvaniche e loro misura. F.e.m. di diffusione. Potenziali di membrana ed elettrodi specifici per gli ioni. Elettrodi reversibili semplici e multipli. Elettrodo campione ed elettrodi di riferimento. Diagrammi pH-Potenziale.

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. Teoria delle coppie galvaniche.

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

Cenni sulle principali applicazioni industriali. Principi della raffinazione e della produzione elettrochimica dei metalli. Elettrolisi del cloruro di sodio. Elettrolisi dell'acqua. Elettrolisi in sali fusi. Principi di galvanotecnica. Cenni sulla lavorazione elettrochimica dei metalli. Generatori elettrochimici: pile e accumulatori. Pile a combustibile.

LABORATORI

Potenziali di diffusione. Titolazioni potenziometriche. Polarografia. Curve caratteristiche. Passivazione del Fe, del Ni, del Pb. Protezione catodica. Prova di Akimov.

TESTI CONSIGLIATI

G. Bianchi - T. Mussini, *Elettrochimica*, Ed. Tamburini Masson, Milano, 1976.

G. Kortum, *Trattato di Elettrochimica*, Ed. Piccin, Padova, 1968.

J.O.M. Bockris - A.K. Reddy, *Modern Electrochemistry*, vol. 2, Plenum Press, New York, 1970.

IN138 ELETTROMETALLURGIA

Prof. Bruno DE BENEDETTI

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Metallurgico - Siderurgico

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

56

4

Es.

28

2

Lab.

—

—

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.

TESTI CONSIGLIATI

L. Di Stati, *Forni elettrici*, Patron, Bologna, 1976.

J.H. Brunklaus, *I forni industriali*, Ed. Tecniche ET, Milano, 1975.

H.B. Cary, *Modern welding technology*, Prentice Hall, Henglewood Cliffs, New Jersey, 1979.

IN482 ELETTRTECNICA

Prof. Edoardo BARBISIO

DIP. di Elettrotecnica

III ANNO
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	88	30	—
Settimanale (ore)	6	2	—

Il corso si propone di fornire allo studente le nozioni basilari di elettrotecnica generale per la corretta utilizzazione di macchine ed impianti. A tal fine, dopo aver approfondito lo studio delle reti di bipoli in regime stazionario, sinusoidale quasi-stazionario, transitorio e dei campi di corrente, elettrico, magnetico, vengono trattati i problemi di dimensionamento dei bipoli elementari, delle linee monofasi e trifasi, degli impianti di messa a terra e l'analisi di funzionamento delle principali macchine elettriche (trasformatori, macchine asincrone, macchine a collettore per corrente continua).

Il corso si svolgerà con lezioni teoriche, esercitazioni con esempi numerici e complementi alle lezioni, ore destinate a chiarimenti individuali.

Nozioni propedeutiche: Analisi I e II, Fisica I e II.

PROGRAMMA

Circuiti in regime stazionario e sinusoidale quasi stazionario; potenza istantanea; potenza attiva, reattiva, apparente; cenni sugli strumenti di misura. Concetto di bipolo e di rete di bipoli; bipoli lineari e non lineari; bipolo equivalente ad una rete accessibile a due dei suoi morsetti. Metodi d'analisi delle reti dei bipoli normali in regime stazionario e comunque variabile. Fenomeni transitori elementari.

Sistemi trifasi: analisi delle reti e metodi di misura sui sistemi simmetrici equilibrati. Rifasamento.

Richiami sui campi elettrici, magnetici e di corrente: loro applicazione allo studio delle resistenze, capacità, induttanze auto e mutue negli apparecchi di uso più comune. Energie immagazzinate. Forze e coppie di origine elettromagnetica.

Trasformatori: loro funzioni e utilità negli impianti; deduzione del circuito equivalente; funzionamento in condizioni normali, a vuoto e in corto circuito; perdite e rendimento; principali caratteristiche costruttive; dati di targa. Parallelo di trasformatori.

Motori asincroni: loro importanza nell'industria meccanica; forme costruttive; principio di funzionamento sotto l'aspetto sia intuitivo sia analitico; caratteristiche meccaniche; perdite e rendimento. Principali comandi per l'avviamento, l'inversione di marcia, la variazione di velocità. Dati di targa.

Macchine con collettore: dinamo e motori per corrente continua con vari tipi di eccitazione; varie caratteristiche meccaniche ed elettriche. Varie possibilità di comando e regolazione.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni integrano le lezioni con particolare attenzione a problemi applicativi della teoria a bipoli e macchine di uso corrente civile ed industriale.

TESTI CONSIGLIATI

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

G. Fiorio, *Problemi di elettrotecnica*, Ed. Clut, Torino.

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

G. Someda, *Elementi di Elettrotecnica generale*, Ed. Patron, Padova.

IN473 FISICA I

Prof. Carla BUZANO PESCARMONA	DIP. di Fisica			
I ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
2° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	75	28	24
Corso di Laurea: ING. CHIMICA	Settimanale (ore)	6	2	2

Come corso istituzionale del 1° anno, il corso è inteso a illustrare i principi fondamentali della meccanica e termodinamica, e fornire una base sufficiente a comprendere i problemi relativi, risolvere i più semplici, e poter sviluppare nei corsi successivi le tecniche specifiche di soluzione dei più complessi.

Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni, laboratori.

Nozioni propedeutiche: per la buona comprensione del corso si richiede la conoscenza di Analisi matematica I.

PROGRAMMA

Cenni di metrologia: misurazione e incertezza di misura, sistemi di unità; valutazione dell'incertezza in misurazioni indirette.

Interpretazione ed uso dei vettori in fisica.

Cinematica del punto: velocità e accelerazione nei moti rettilinei e curvilinei; moto relativo; cambiamento del sistema di riferimento.

Dinamica del punto: leggi di Newton; forza, massa, quantità di moto, sistemi inerziali; conservazione delle quantità di moto; forze di campo (gravità e forze elastiche), vincoli e attriti, forze inerziali; lavoro; teorema dell'energia cinetica; campi conservativi ed energia potenziale. Dinamica dei sistemi: centro di massa; conservazione della quantità di moto, dell'energia e del momento angolare; moto nel sistema del centro di massa; urti; oggetti a massa variabile; dinamica rotatoria dei corpi rigidi e momento d'inerzia.

Statica dei corpi rigidi; statica dei fluidi.

Moto armonico; oscillazioni forzate e risonanza; cenni alle onde elastiche.

Dinamica dei fluidi perfetti; tensione superficiale.

Campo gravitazionale e leggi del moto planetario.

Termometria: dilatazione termica; scale di temperatura; teoria cinetica dei gas.

Calorimetria: conduzione del calore; sistemi termodinamici; equazione di stato dei gas perfetti e di Van der Waals; cambiamenti di stato.

Primo principio della termodinamica e problematica relativa.

Secondo principio della termodinamica: macchine termiche; ciclo e teorema di Carnot; teorema di Clausius; entropia.

ESERCITAZIONI

Esercitazioni numeriche a squadre sul programma del corso.

LABORATORI

Esercitazioni a mezze squadre in laboratorio. Esperienze di cinematica e dinamica mediante l'impiego di rotaia a cuscinio d'aria. Acquisizione ed elaborazione di dati sperimentali (caduta dei gravi e oscillazioni del pendolo) con l'uso di Computer (Apple II).

TESTI CONSIGLIATI

Lovera - Minetti - Pasquarelli, *Appunti di fisica*, Levrotto & Bella, Torino, 1977.

Lovera - Malvano - Minetti - Pasquarelli, *Calore e termodinamica*, Levrotto & Bella, Torino, 1977.

Alonso - Finn, *Elementi di Fisica per l'Università*, vol. 1, Masson, Milano, 1982.

Halliday - Resnick, *Fondamenti di Fisica*, Parte 1^a, (con le appendici di Barbero, Mauroni e Strigazzi); in alternativa: Halliday - Resnick, *Fisica*, parte 1^a, Ambrosiana, Milano, 1978.

Minetti - Pasquarelli, *Esercizi di fisica 1*, Levrotto & Bella, Torino, 1971.

M. Balkanski - C. Sebenne, *Fisica*, Utet.

Rosati - Casali, *Problemi di Fisica generale*, Ambrosiana, Milano, 1983.

IN485 FISICA II

Prof. Angelo TARTAGLIA

DIP. di Fisica

II ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. CHIMICA

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

80

6

Es.

30

2

Lab.

10

2

(quindicinale)

Finalità del corso è l'apprendimento dei fondamenti dell'elettromagnetismo e dell'ottica. Si espongono le leggi sperimentali riguardanti l'interazione tra cariche ferme e in moto rispetto all'osservatore sintetizzate infine nelle equazioni di Maxwell. Da queste ultime si ricavano le leggi di propagazione dell'onda elettromagnetica. Si espongono i principali fenomeni fisici legati alla propagazione della luce quale onda elettromagnetica e infine i fondamenti dell'ottica geometrica. Il corso è affiancato da esercitazioni orali e di laboratorio. È perseguito lo scopo di stimolare nello studente l'acquisizione delle metodologie generali della fisica come scienza applicata. Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni orali, laboratori.

Nozioni propedeutiche: Fondamenti di meccanica, Calcolo differenziale ed integrale, Funzioni elementari.

PROGRAMMA

Elettrostatica nel vuoto. Proprietà elettriche della materia. Fenomeni di conduzione e correnti elettriche in condizioni stazionarie. Campi magnetici stazionari. Moto di cariche in campi elettrici e magnetici stazionari. Proprietà magnetiche della materia. Campi elettromagnetici dipendenti dal tempo e loro equazioni fondamentali. onde ed onde elettromagnetiche. Propagazione della luce in mezzi isotropi. Ottica geometrica col metodo matriciale. Fenomeni interferenziali. La diffrazione. Propagazione della luce in materiali anisotropi.

ESERCITAZIONI

Risoluzione di facili esercizi e problemi relativi ai principali argomenti del corso.

LABORATORI

Uso di amperometri e voltmetri. Misure di resistenza e capacità. Misura di indici di rifrazione e di lunghezze d'onda.

RICERCATORI ADDETTI ALLE ESERCITAZIONI E/O LABORATORI

M. AGNELLO (salvo cambiamenti)

TESTI CONSIGLIATI

A. Tartaglia, *Elettromagnetismo e ottica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1987.

R. Feynman - R. Leighton - M. Sands, *La fisica di Feynman*, vol. 1 e 2, Addison Wesley, Malta, 1970.

A. Tartaglia, *300 esercizi svolti di Elettromagnetismo e ottica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1986.

IN174 FISICA TECNICA

Prof. Vincenzo FERRO

DIP. di Energetica

III ANNO
1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	60	60	10
Settimanale (ore)	6	6	—

Il corso è finalizzato: 1°, allo studio delle varie modalità delle conversione termodinamica diretta (macchine termiche a vapore ed a gas) ed inversa (macchine frigorifere e per la liquefazione dei gas), nonché lo studio termodinamico dell'aria umida connesso al condizionamento dell'aria; 2°, allo studio delle circostanze del moto dei fluidi comprimibili ed incompressibili ed al proporzionamento delle reti e dei condotti allo studio delle varie modalità di scambio termico (conduzione, convezione, irraggiamento) nonché degli ambienti e delle apparecchiature, nei quali si attua lo scambio termico.

Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni, laboratori.

Nozioni propedeutiche: Analisi matematica, Meccanica razionale, Fisica sperimentale.

PROGRAMMA

Termodinamica. Sistemi termodinamici. Processi e lavoro termodinamici. Lavoro di spostamento. Lavoro tecnico. Energia termica. 1° principio della termodinamica. Gas ideali. Equazioni di stato. Trasformazioni termodinamiche. 2° principio. Entropia. Funzioni dello stato termodinamico. Cicli termodinamici della macchine alternative a gas, delle macchine a gas a flusso continuo. Cicli rigenerativi. Cicli inversi a gas. Proprietà dei vapori. Diagrammi di stato; cicli termodinamici a vapore. Cicli rigenerativi a vapore; cicli inversi a vapore; cicli inversi a cascata; cicli per la liquefazione dei gas; pompe di calore; gas reali; equazioni di Van der Waals; diagramma di Mollier dell'aria umida; impianti di condizionamento.

Fluidodinamica. Equazioni del moto dei fluidi nei condotti. Tipi di movimento. Perdite di pressione. Numero di Reynolds. Coefficiente di attrito. Efflusso aeriformi. Misure di portata. Calcolo reti impianti riscaldamento.

Termocinetica. Conduzione, convezione ed irraggiamento termici. Trasmissione del calore negli edifici in regime continuo e variabile. Scambiatori di calore. Superfici alettate. Ventilazione delle gallerie.

ESERCITAZIONI

Esercizi numerici di termodinamica, fluidodinamica e termocinetica. Calcolo della ventilazione di una galleria. Calcolo di uno scambiatore di calore. Calcolo di un'impianto di illuminazione.

LABORATORI

Curve caratteristiche di un ventilatore. Psicrometria. Termometria. Misure di illuminante ed acustiche.

TESTI CONSIGLIATI

Codegone - Brunelli, *Fisica tecnica*, 6 voll., Ed. Giorgio, Torino.

IN477 GEOMETRIA I

Prof. Carla MASSAZA

DIP. di Matematica

I ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. CHIMICA

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	52	—
Settimanale (ore)	6	4	—

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 del piano e dello spazio. Una parte del corso è anche dedicata al calcolo matriciale, oltre che allo studio delle funzioni di più variabili reali.

Il corso si svolge in lezioni ed esercitazioni.

Nozioni propedeutiche: si trovano nel corso di Analisi matematica i con particolare riguardo alle proprietà dei numeri reali e complessi, operazioni di integrazione e di derivazione.

PROGRAMMA

Vettori liberi ed applicati. Operazioni fondamentali sui vettori ed applicazioni geometriche. Geometria analitica del piano. Coniche come curve del 2° ordine. Altri luoghi geometrici. Geometria analitica dello spazio. Coordinate cartesiane, cilindriche e sferiche. proprietà generali di curve e superficie. Sfere e circonferenze. Coni e cilindri. Superficie di rotazione e quadriche. Elementi di geometria differenziale delle curve. Curve in forma parametrica. Lunghezza di un arco di curva.

Triedro fondamentale, curvatura e torsione. Applicazioni.

Spazi vettoriali, matrici e sistemi lineari. Sottospazi. Dimensione. Operatori lineari e matrici, con relative operazioni. Risoluzione di sistemi lineari. Autovalori ed autovettori di un operatore lineare. Calcolo differenziale per funzioni di più variabili. Funzioni di più variabili a valori reali, dominio, limiti. Derivate parziali e direzionali. Gradiente, differenziale. Massimi e minimi relativi.

Funzioni a valori vettoriali e matrice jacobiana. Applicazioni geometriche: retta tangente ad una curva, piano tangente ad una superficie.

ESERCITAZIONI

Illustrazione mediante esempi ed esercizi dei vari aspetti del programma.

TESTI CONSIGLIATI

Greco - Valabrega, *Lezioni di Matematica per allievi ingegneri*, vol. 2 (in due parti), Ed. Le-vrotto & Bella, Torino.

AA.VV., *Esercizi di Geometria*, Ed. Celdid.

IN210 IMPIANTI CHIMICI

Prof. Agostino GIANETTO

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	80	—
Settimanale (ore)	5	7	—

Vengono illustrati i criteri e le notizie necessarie alla progettazione ed alle conduzioni degli impianti della industria chimica, petrolchimica, petrolifera, biochimica, ecc. Si richiamano le conoscenze di ingegneria termotecnica, meccanica, chimica ed ecologica con riferimento a precedenti corsi. Vengono pure presi in esame tutti i servizi ausiliari che sono finanziariamente e funzionalmente una parte molto importante dell'impianto industriale. Si tende inoltre a mettere in evidenza la saldatura tra l'indagine teorica e la realizzazione pratica.

Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni di calcolo. A seconda del numero degli studenti le esercitazioni possono essere condotte ad una o due squadre. Si cerca inoltre di organizzare tutti gli anni una visita ad un'industria, coordinata con Impianti chimici II. Nozioni propedeutiche. Principi di ingegneria chimica e Principi di ingegneria chimica II, Fisica tecnica, Macchine.

PROGRAMMA

Articolazione del progetto: schemi di flusso, ubicazione e lay-out di un impianto.

Servizi generali: centrali termiche e frigorifere, produzione e stoccaggio aria e gas compressi, vapore ed acqua, servizi elettrici e linee di distribuzione, fognature.

Impianti termici: impiego e recupero del calore. Concentrazione con termocompressione, evaporazione a multiplo effetto, multflash. Termocompressione applicata alla distillazione. Coibentazione.

Impianti di condizionamento industriale, umidificazione e torri di raffreddamento.

Impianti di scambio gas/liquido: distillazione, assorbimento desorbimento. Criteri generali di progettazione.

Reattori chimici.

Impianti di trattamento degli effluenti industriali gassosi: normativa. Abbattitori a secco ed ad umido, problema del disperdimento nell'atmosfera, criteri di progettazione dei camini.

Impianti di trattamento degli effluenti industriali liquidi: normative, impianti di depurazione fisica, chimica e biologica. Osmosi inversa ed iperfiltrazione.

Sicurezza nell'industria chimica: normativa, criteri generali di progetto con particolare riferimento all'abbattimento di scarichi di emergenza.

Approccio economico all'identificazione ed alla gestione di un processo.

Problema dello scale-up.

ESERCITAZIONI

Vengono proposti calcoli su alcuni degli impianti considerati a lezione.

RICERCATORI ADDETTI ALLE ESERCITAZIONI E/O LABORATORI

I. MAZZARINO (salvo cambiamenti)

TESTI CONSIGLIATI

J. Perry, *Chemical Eng. Handbook*, McGraw Hill Book, London, 1975.

G. Brown, *Unit Operations*, John Wiley and S., New York, 1951.

J.M. Coulson - J.F. Richardson, *Chemical Engineering*, Pergamon Press, London, 1964.

J.R. Backhurst, *Process Plant Design*, Heinemann Educational Books, London, 1973.

IN212 IMPIANTI CHIMICI II

Prof. Romualdo CONTI

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Impiantistico

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	56	56	—
Settimanale (ore)	4	4	—

Il corso tratta due aspetti di particolare importanza ed attualità dell'impiantistica chimica. Nella prima parte vengono fornite le conoscenze necessarie per la progettazione e la conduzione di impianti per la movimentazione di fluidi e per il trasporto pneumatico ed idraulico di solidi granulari. Tale parte, approfondendo la tematica dei trasporti interni di stabilimento e dei collegamenti tra stabilimenti e considerando i problemi connessi con l'approvvigionamento e la distribuzione dell'acqua e con lo stoccaggio dei materiali, costituisce un naturale completamento del corso di Impianti chimici.

Nella seconda parte vengono esaminate alcune delle principali tecnologie dell'industria agro-alimentare evidenziando le fasi riconducibili ad operazioni unitarie della ingegneria chimica, fornendo elementi di progettazione ed illustrando la problematica connessa con la realizzazione e la gestione degli impianti nel loro insieme. Una più ampia conoscenza delle tecnologie trattate in questa seconda parte può essere acquisita associando al corso di Impianti chimici II quello di Processi biologici industriali.

PROGRAMMA

Impianti per il trasporto e lo stoccaggio dei fluidi: a) Tubi, organi di intercettazione e regolazione, giunti ed altri accessori di linea. Strutture di sostegno. Coibentazione e verniciatura. Specifiche di progetto delle tubazioni, schemi e classificazione delle linee, «sketches» e disegni di montaggio. b) Serbatoi: tipi, organi accessori, allacciamento, coibentazione. c) Oleodotti e gasdotti: criteri di scelta del percorso, di dimensionamento delle tubazioni e di determinazione del numero delle stazioni di pompaggio e di ricompressione. Costruzione. d) Depositi. e) Cenno ai sistemi di controllo.

Impianti per il trasporto pneumatico di solidi: alimentazione; flusso bifase gas-solido nelle tubazioni; separazione del solido.

Impianti per il trasporto idraulico di solidi: preparazione dello «slurry»; flusso bifase liquido-solido nelle tubazioni; recupero del solido.

Processi ed impianti tipici dell'industria lattiero-casearia, olearia, enologica e della birra.

Processi ed impianti per l'industria conserviera.

ESERCITAZIONI

Consistono nel calcolo di progetto di massima di un impianto e nel successivo studio della sua disposizione completato con la compilazione delle specifiche delle tubazioni e la stesura dei relativi «sketches» e disegni.

TESTI CONSIGLIATI

E. Holmes, *Handbook of industrial pipework engineering*, McGraw Hill, Londra, 1973.

A.G. Bain - S.T. Bonnington, *The hydraulic transport of solids by pipeline*, Pergamon Press, Oxford, 1970.

R.K. Sinnott - J.M. Coulson - J.F. Richardson, *Chemical Engineering*, vol. 6, Design, Pergamon Press, Oxford, 1983.

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

IN220 IMPIANTI MECCANICI

Prof. Armando MONTE (1° corso)

IST. di Trasporti ed Organizzazione Industriale

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Impiantistico

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

4

Es.

100

8

Lab.

20

—

Scopo del corso è di far conoscere i principali problemi attinenti agli impianti industriali, con i quali gli ingegneri meccanici verranno a contatto durante la loro attività professionale, e fornire i criteri di progettazione e valutazione degli impianti stessi. Nozioni propedeutiche: Scienza delle costruzioni, Fisica tecnica, Meccanica applicata alle macchine, Idraulica.

PROGRAMMA

Criteri di progettazione degli impianti industriali. La disposizione dei macchinari e dei reparti.

Applicazione di metodi di ricerca operativa alla progettazione degli impianti industriali.

Ingegneria economica. Valutazione della redditività degli investimenti impiantistici.

I trasporti interni agli stabilimenti industriali.

Impianti generali di distribuzione dell'acqua, dell'aria compressa e degli altri servomezzi occorrenti negli stabilimenti industriali.

Impianti di trattamento e ricircolo delle acque primarie e di scarico.

Trattamento dei fanghi e dei rifiuti solidi.

Impianti di aspirazione e filtrazione delle polluzioni atmosferiche prodotte nelle lavorazioni industriali.

Isolamento e riduzione dei rumori e delle vibrazioni in campo industriale.

Tecniche di gestione per la realizzazione di impianti industriali.

ESERCITAZIONI

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

LABORATORI

Visite a impianti industriali.

TESTI CONSIGLIATI

A. Monte, *Elementi di impianti industriali*, Ed. Cortina, Torino, e in generale, la bibliografia riportata sul testo.

IN235 INGEGNERIA DELL'ANTI-INQUINAMENTO

Prof. Vito SPECCHIA

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Impiantistico

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

56

4

Es.

42

3

Lab.

—

—

Il corso si prefigge lo scopo di fornire elementi utili ad affrontare problemi connessi con l'inquinamento (messa a punto del processo e realizzazione impiantistica) al fine di salvaguardare sia l'ambiente esterno, sia gli ambienti di lavoro. Prende anche in esame la possibilità di recupero di sostanze inquinanti e di riduzione dei consumi idrici. Vengono trattate le problematiche relative all'inquinamento dell'aria e dell'acqua e allo smaltimento dei rifiuti solidi.

Il corso comprende lezioni ed esercitazioni di calcolo.

Sono propedeutici i corsi di Impianti chimici e Principi di ingegneria chimica.

PROGRAMMA

Caratterizzazione dell'inquinamento e livello di pericolosità degli inquinanti. Carico inquinante in rapporto alle capacità disperdenti del ricettore. Caratterizzazione degli inquinanti per tipo di industria. Aspetti economici e consorziabilità.

Inquinamento dell'aria: cenni legislativi. Inquinanti atmosferici, gassosi e particolati. Trattamento degli inquinanti gassosi: dispersione con camini, assorbimento, adsorbimento, combustione. Trattamento di particolati: dispersione con camini, abbattitori meccanici, filtri, lavatori ad umido, precipitatori elettrostatici. Salvaguardia del posto di lavoro.

Inquinamento dell'acqua: cenni legislativi. Sostanze inquinanti. Trattamenti preliminari:ogliatura, rimozione degli oli e grassi, equalizzazione, neutralizzazione. Trattamenti chimico-fisici: coagulazione, flocculazione. Trattamenti fisici: sedimentazione, flottazione, filtrazione, dialisi, ultrafiltrazione, osmosi inversa. Trattamenti biologici: fanghi attivi, filtri percolatori, digestori anaerobici, biodischi. Scambio ionico, adsorbimento su carbone attivo, disinfezione e clorazione. Recupero delle sostanze inquinanti. Riduzione dei consumi idrici ed epicresi.

Smaltimento dei rifiuti solidi: cenni legislativi. Rifiuti industriali e loro trattamento. Rifiuti urbani: raccolta e trasporto; raccolta differenziata. Smaltimento: discarica libera e controllata; compostazione; incenerimento; riciclaggio e recupero.

ESERCITAZIONI

Consistono nel calcolo di dimensionamento di varie apparecchiature fondamentali e in esempi di sviluppo di impianti di trattamento.

TESTI CONSIGLIATI

R.D. Ross, *Air Pollution and Industry*, Van Nostrand Reinhold Co. N.Y., 1972.

H.F. Lund, *Industrial Pollution Control Handbook*, McGraw Hill Co., N.Y., 1971.

H.S. Azad, *Industrial Wastewater Management Handbook*, McGraw Hill Co., N.Y., 1976.

IN526 LAVORAZIONE PER DEFORMAZIONE PLASTICA

Prof. Giovanni PEROTTI

DIP. di Tecnologia e Sistemi di Produzione

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Metallurgico - Siderurgico

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	56	40	20
Settimanale (ore)	4	4	—

Il corso si propone di presentare i problemi connessi con le lavorazioni per deformazione plastica dei metalli ed indicarne i metodi di risoluzione.

Il corso si avvarrà di lezioni, esercitazioni pratiche e di calcolo, visite a stabilimenti. Nozioni propedeutiche: sono da considerare propedeutici i corsi che forniscono nozioni sui trattamenti metallurgici e siderurgici dei materiali metallici.

PROGRAMMA

Comportamento dei materiali metallici alle deformazioni plastiche.

Relazioni fra tensioni e deformazioni in campo plastico. Tensioni e deformazioni locali. Criteri di scorrimento. Metodi e modelli per valutare le forze ed i lavori necessari a produrre deformazioni plastiche (metodo del lavoro uniforme, dell'elemento sottile, del limite superiore, delle linee di scorrimento).

Analisi delle condizioni esecutive delle lavorazioni per deformazione plastica: stato e forma dei materiali lavorati, velocità delle deformazioni, temperature, parametri geometrici. Esame delle macchine e degli impianti usati per le lavorazioni di deformazione plastica; studio delle relative caratteristiche.

ESERCITAZIONI

Calcolo di parametri di lavorazioni per deformazione plastica. Cicli tecnologici. Visite a stabilimenti di forgiatura, laminazione, stampaggio lamiera.

LABORATORI

Uso di strumenti per rilievo di deformazioni e forze. Lavorazioni con attrezzature specifiche.

TESTI CONSIGLIATI

H. Tschätsch, *Manuale lavorazioni per deformazione*, Tecniche Nuove, Milano.

M. Rossi, *Stampaggio a freddo delle lamiere*, Hoepli, Milano.

IN247 MACCHINE

Prof. Matteo ANDRIANO

DIP. di Energetica

IV ANNO
1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	84	56	—
Settimanale (ore)	6	4	—

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.

Nozioni propedeutiche: sono necessari i concetti di termodinamica contenuti nel corso di «Fisica tecnica», e di meccanica contenuti nel corso di «Meccanica applicata alle macchine» od equivalenti.

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 a calore. Le turbine a vapore semplici e multiple, ad azione ed a reazione, assiale 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.

TESTI CONSIGLIATI

- A. Capetti, *Motori termici*, Utet, Torino.
- A. Capetti, *Compressori di gas*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.
- A. Dadone, *Macchine idrauliche*, Clut, Torino.
- A.E. Catania, *Complementi di esercizi di Macchine*, Ed. Levrotto & Bella.
- A. Beccari, *Macchine*, Clut, Torino.

IN263 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

Prof. Guido BELFORTE

DIP. di Meccanica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

72

6

Es.

56

4

Lab.

—

—

Scopo del corso è di esaminare le leggi fondamentali che regolano il funzionamento delle macchine, di effettuare l'analisi funzionale dei componenti meccanici e l'analisi dinamica dei sistemi meccanici.

Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni collegate.

Nozioni propedeutiche: nozioni di meccanica di base, date nel corso di Meccanica razionale.

PROGRAMMA

Leggi di aderenza e di attrito. Attrito radente e volvente. Meccanismi vite e madrevite. Freni a ceppi piani, a tamburo, a disco. Frizioni piane e coniche. Flessibili: cinghie, funi, catene. Trasmissione con flessibili. Paranchi. Giunti di trasmissione: cardani e giunti omocineticici. Sistemi con camme e punterie. Trasmissione del moto con ruote dentate. Proprietà delle ruote cilindriche ed evolvente a denti elicoidali e coppia vite senza fine-ruota elicoidale. Forze scambiate tra gli ingranaggi. Rotismi ordinari ed epicicloidali. Riduttori di velocità, differenziali, cambi di velocità. Azioni di contatto e cuscinetti a rotolamento. Proprietà dei lubrificanti. Teoria elementare della lubrificazione. Pattini e perni lubrificati. Equilibri dinamici. Applicazione del teorema della quantità di moto, del momento della quantità di moto e dell'energia. Sollecitazioni dinamiche su elementi rotanti ed equilibramento dei rotori. Dinamica dei sistemi continui. Calcolo dei volani. Studio dei fenomeni transitori nelle macchine. Accoppiamento di macchine motrici ed operatrici. Funzionamento in regime periodico. Vibrazioni di sistemi a parametri concentrati ad uno e a più gradi di libertà. Uso delle trasformate nello studio dei sistemi vibranti. Misura delle vibrazioni. Trasmissibilità. Velocità critiche. Trasformate di Laplace ed applicazione della teoria dei sistemi. Regolazione delle macchine. Analisi dei sistemi di controllo. Componenti e sistemi di automazione pneumatici ed oleodinamici. Tecniche di controllo digitali.

ESERCITAZIONI

Consistono nello svolgimento di esercizi e problemi riguardanti gli argomenti delle lezioni.

TESTI CONSIGLIATI

Belforte, *Meccanica applicata alle macchine*, Ed. Giorgio, Torino, 1983.

Ghigliazza, *Guida alla progettazione funzionale delle macchine*, Tolozzi Editore.

Jacazio - Piombo, *Esercizi di Meccanica applicata alle macchine*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1983.

IN275 MECCANICA PER L'INGEGNERIA CHIMICA

Prof. Nicolò D'ALFIO

DIP. di Meccanica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Impiantistico

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

75

50

—

6

4

—

Il corso si propone di fornire agli studenti le principali cognizioni di Meccanica razionale e di sviluppare ampiamente i temi tradizionali della Meccanica applicata. Nozioni propedeutiche: Analisi I, Fisica I e Geometria I.

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; moto composti.

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; giunto di Cardano; cinghie, catene, funi, paranchi di sollevamento; ingranaggi cilindrici a denti dritti ed elicoidali, ingranaggi conici a denti dritti, ingranaggi elicoidali ad assi sghembi, interferenza, 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; sforze scambiate nelle viti; camme (tipi e tracciamento dei profili), legge del moto delle 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, giunti idraulici: cuscinetti a rotolamento ed a strisciamento.

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

TESTI CONSIGLIATI

Jacazio - Piombo, *Meccanica applicata alle macchine*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

Jacazio - Piombo, *Esercizi di Meccanica applicata alle macchine*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

IN487 MECCANICA RAZIONALE

Prof. Riccardo RIGANTI

DIP. di Matematica

II ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. CHIMICA

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	30	20
Settimanale (ore)	6	2	2

Il corso ha come finalità l'acquisizione dei fondamenti della Meccanica e dei relativi metodi matematici di studio. Viene trattata la Meccanica del corpo rigido e dei sistemi articolati. Vengono esposti i principi fondamentali della Meccanica Newtoniana, Lagrangiana ed Hamiltoniana, nonché i loro sviluppi analitici ed applicativi con particolare attenzione ai problemi che interessano l'Ingegneria.

Il corso consta di lezioni ed esercitazioni in aula e presso il L.A.I.B.

Nozioni propedeutiche: gli argomenti dei corsi di Analisi matematica, Geometria I e Fisica I.

PROGRAMMA

Cinematica: Cinematica del punto. Sistemi rigidi: moti rigidi piani, leggi di distribuzione di velocità e accelerazioni, moti composti, polari, profili coniugati, sistemi articolati. Vincoli e gradi di libertà. Estensione allo spazio degli argomenti suddetti.

Statica: Vettori applicati e momenti. Riduzione di sistemi di vettori applicati. Baricentri, momenti statici, d'inerzia e centrifughi e loro proprietà. Reazioni vincolari in assenza di attrito. Concetto di equilibrio, equazioni cardinali, principio dei lavori virtuali. Forze conservative.

Dinamica: Principio di D'Alembert, riduzione delle forze d'inerzia. Teoremi della quantità di moto e del momento delle quantità di moto. Teorema dell'energia cinetica. Equazioni di Lagrange. Integrali primi.

Elementi di calcolo delle probabilità, variabili aleatorie e processi stocastici.

Stabilità e analisi qualitativa del moto. Linearizzazione delle equazioni del moto e metodi di studio analitico-numeriche.

Meccanica analitica: Principi di Hamilton e Maupertuis; trasformazioni canoniche.

ESERCITAZIONI

Vengono proposti agli allievi, e quindi risolti analiticamente, graficamente e numericamente, problemi di carattere applicativo attinenti agli argomenti del corso.

LABORATORIO

Si propongono agli studenti, suddivisi in piccoli gruppi, l'analisi deterministica e probabilistica della risposta di un sistema meccanico, da effettuarsi con l'impiego di Personal Computers del L.A.I.B.

TESTI CONSIGLIATI

Nocilla, *Meccanica razionale*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1981.

Cercignani, *Spazio, tempo, movimento*, Zanichelli, Bologna, 1976.

R. Riganti - G. Rizzi, *Elementi di Meccanica analitica*, Celid, Torino, 1979.

N. Bellomo, *Meccanica classica e stocastica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1984.

R. Riganti, *Sistemi Stocastici*, Levrotto & Bella, Torino, 1987.

IN283 METALLURGIA E METALLOGRAFIA

Prof. Aurelio BURDESE

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
ChimicaIII ANNO
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	10	20
Settimanale (ore)	6	2	—

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.

Oltre ai corsi propedeutici tradizionali (chimica e fisica) è opportuno avere acquisito nozioni di Chimica fisica, Chimica applicata e Scienza delle costruzioni.

PROGRAMMA

Metallurgia generale: struttura dei metalli; diagrammi di stato dei sistemi metallici; metallografia ottica e röntgenografica; macrografia; proprietà meccaniche, chimiche (corrosione), elettriche e magnetiche; fenomeni di scorrimento viscoso a caldo.

Tecnologia dei materiali metallici: processi e 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; classificazione, caratteristiche strutturali e di impiego degli acciai legati; leghe per turbine; materiali metalloceramici.

Leghe e metalli non ferrosi: rame; 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.

ESERCITAZIONI

Prove fisico-meccaniche. Metallografia ottica e röntgenografica. Calcoli di temprabilità degli acciai.

LABORATORI

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

TESTI CONSIGLIATI

A. Burdese, *Metallurgia*, Utet, Torino.

A.H. Cottrell, *An Introduction to Metallurgy*, Arnold, Londra.

A.R. Bailey, *A Text-book of Metallurgy*, MacMillan, Londra.

G.E. Dieter, *Mechanical metallurgy*, McGraw Hill, Kagakuska, Tokio, 1976.

IN284 METALLURGIA FISICA

Prof. Pietro APPENDINO

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Metallurgico - Siderurgico
Materiali

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	24	6
Settimanale (ore)	5	2	—

Si tratta di una disciplina, didatticamente autonoma, propedeutica fondamentale per gli indirizzi Metallurgico e di Ingegneria dei Materiali del corso di laurea in Ingegneria Chimica e dell'indirizzo metallurgico del corso di laurea in Ingegneria Meccanica. Tratta di struttura, proprietà, comportamento fisico-meccanico dei metalli, argomenti appena sfiorati nei due corsi paralleli a carattere tecnologico e strettamente applicativo di Tecnologia dei materiali metallici (Ingegneria Meccanica) e di Metallurgia e Metallografia (Ingegneria Chimica).

Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni, laboratori.

Sono necessarie le nozioni propedeutiche impartite nel corso di 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; calcoli sulla nucleazione e crescita dei precipitati nelle leghe metalliche.

LABORATORI

Partecipazione a misure diffrattometriche su apparecchiature a goniometro verticale e orizzontale. Osservazioni al microscopio elettronico a scansione.

TESTI CONSIGLIATI

R.E. Reed, *Physical Metallurgy Principles*, D. Van Nostrand Company, New York, 1977.
P. Brozzo, *Struttura e proprietà meccaniche dei materiali metallici*, E.C.I.G., Genova, 1979.

IN295 MISURE CHIMICHE E REGOLAZIONI

Prof. Giorgio ROVERO

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Impiantistico

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

56

28

—

4

2

—

Il corso ha lo scopo di fornire all'allievo ingegnere i principi fondamentali necessari per affrontare i problemi di regolazione degli impianti chimici.

Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni in aula.

Nozioni propedeutiche: Analisi matematica I e II, Chimica fisica, Principi di Ingegneria chimica, Principi di Ingegneria chimica II.

PROGRAMMA

Introduzione: finalità del controllo; modalità di controllo: a programma, a feed-back, a feed-forward; elementi del ciclo di controllo.

Modellistica del processo: richiami sui modelli in stato stazionario di apparecchiature notevoli; controllo ottimale in regime stazionario; dinamica di processi semplici: elementi del 1° ordine, 2° ordine e a pistone; spunti di modellistica più complessa; identificazione dei parametri del modello.

Apparecchiature di misura: misura di pressione, flusso, temperatura, livello, cenni su apparecchiature di analisi di processo.

Ciclo di regolazione a retroazione: sistema on-off e sistema analogico; regolatori analogici; stabilità e dinamica del ciclo chiuso; progetto ottimale del ciclo di regolazione; cenni ai sistemi a multivariabili; regolazione in cascata.

Altri sistemi di regolazione: regolazione «feed-forward», regolazione con calcolatore, regolazione di sistemi non lineari.

Schemi di regolazione: esempi di regolazione di flusso, pressione e temperatura; regolazione di reattori chimici, di processi di separazione, di colonne di distillazione, di generatori di vapore.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella simulazione numerica di un processo chimico e nel progetto del sistema di regolazione.

TESTI CONSIGLIATI

D.R. Coughanow - L.B. Koppel, *Process System Analysis and Control*, McGraw Hill, Koga Kusha Ltd, Tokio, 1965.

J.M. Douglas, *Process Dynamics and Control*, Prentice-Hall, Englewood Cliff, 1972.

O. Cesàri, *La regolazione automatica degli impianti industriali*, Franco Angeli Editore, Milano, 1976.

IN320 PETROLCHIMICA

Prof. Giuseppe GOZZELINO

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Processistico

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	14	—
Settimanale (ore)	5	1	—

Il corso si propone di fornire una informazione di base ed attuale sugli aspetti economici chimici e processistici della trasformazione del petrolio da materiale grezzo in prodotti commerciali di largo impiego. Attraverso analisi termodinamiche, cinetiche e processistiche si sviluppa una rassegna e studio dei principali prodotti chimici la cui materia prima è prevalentemente di origine petrolifera, con particolare riguardo alla produzione di olefine ed aromatici e dei loro derivati.

Il corso è sviluppato principalmente con lezioni in aula.

Nozioni propedeutiche: Chimica generale, Chimica organica, Chimica fisica, Principi di ingegneria chimica, Chimica industriale.

PROGRAMMA

Caratteristiche ed aspetti economici della produzione petrolchimica; caratterizzazione e valutazione tecnologica delle materie prime.

Processi di raffinaria; separazione e recupero di prodotti petroliferi di interesse petrolchimico, idrodesolfurazione, operazioni di conversione delle frazioni gassose e liquide.

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 ed alchilazione.

Produzione di acetileni, n-paraffine, carbonio industriale.

Principali prodotti derivati dalle olefine per idroformilazione, ossidazione, idratazione, alogenazione e polimerizzazione.

Detergenti sintetici.

Elastomeri.

Fonti alternative di idrocarburi.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono in applicazioni (eventualmente in laboratorio) dei concetti sviluppati a lezione.

TESTI CONSIGLIATI

C. Giavarini - A. Girelli, *Petrochimica*, Ed. Siderea, Roma.

Girelli - Matteoli - Parisi, *Trattato di Chimica industriale ed applicata*, vol. 2, Ed. Zanichelli, Bologna.

R.F. Goldstein - A.L. Waddams, *The Petroleum Chemical Industry*, F.N. Spon LTD, London.

IN327 PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA

Prof. Silvio SICARDI

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	56	56	—
Settimanale (ore)	4	4	—

Il corso si propone di illustrare i fondamenti del trasporto di materia, quantità di moto ed energia.

Il corso è strutturato su lezioni ed esercitazioni in aula.

Nozioni propedeutiche: Analisi matematica, Chimica fisica.

PROGRAMMA

Bilanci macroscopici di proprietà: sistemi aperti e chiusi; equazioni integrali di bilancio di materia, quantità di moto ed energia; equazione dell'energia meccanica (Bernoulli); bilanci di energia in presenza di reazioni chimiche (bilancio entalpico).

Equazioni costitutive: modello molecolare della diffusione di proprietà; leggi di Fick, Fourier e Newton; valutazione delle proprietà di trasporto in gas, liquidi e solidi; diffusione in solidi porosi; fluidi non-Newtoniani.

Equazioni di variazione in regime laminare: equazione di continuità; equazioni di variazione di quantità di moto; flusso laminare in tubi di fluidi Newtoniani e non Newtoniani; equazioni di variazione di materia ed energia; applicazioni.

Flusso turbolento: fenomenologia della turbolenza; profili di velocità in tubi; equazioni di variazione di quantità di moto, materia ed energia in regime turbolento.

Scambi di proprietà con l'interfaccia: equazioni integrali di scambio; fattore di attrito in tubi; moto attorno a corpi solidi; moto in letti granulari; coefficienti di scambio di calore e di materia; analogie.

Trasporto tra più fasi: resistenze in serie; coefficienti globali di scambio; resistenza controllante.

Trasporto di materia e di calore in presenza di reazione chimica: scambio gas-liquido con reazioni in fase liquida; scambio fluido-solido con reazione catalitica.

ESERCITAZIONI

Consistono nell'esecuzione di calcoli relativi alle nozioni impartite a lezione.

TESTI CONSIGLIATI

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

A.S. Foust et al., *I principi delle operazioni unitarie*, Ambrosiana, Milano, 1967.

IN542 PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA II

Prof. Giancarlo BALDI

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

IV ANNO
1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	52	16
Settimanale (ore)	5	4	—

Il corso si propone l'applicazione dei principi fondamentali di equilibrio termodinamico, bilanci e trasporto di massa, energia e quantità di moto alla progettazione delle operazioni unitarie.

Il corso è strutturato in lezioni ed esercitazioni in aula e in laboratorio.

Nozioni propedeutiche: fondamenti di Chimica fisica, Principi di ingegneria chimica, Fisica tecnica.

PROGRAMMA

Richiami di equilibrio termodinamico: equilibrio liquido-vapore, liquido-liquido, solido-liquido; equilibrio «pratico».

Studio di equilibrio: gradi di libertà, cascata di stadi in controcorrente semplice e con riflusso. *Generalità sulla modellistica di apparecchiature:* elemento perfettamente agitato ed elemento a pistone; curva distributiva dei tempi di permanenza.

Operazioni unitarie condotte in apparecchiature a stadi: calcolo del numero di stadi per operazioni di distillazione binaria e a multi componenti, assorbimento, estrazione liquido-liquido. Distillazione continua.

Operazioni unitarie condotte in apparecchiature a struttura continua: progetto di scambiatore di calore a fascio tubiero; colonne a riempimento per operazioni di assorbimento e distillazione; colonne per adsorbimento.

Scambio simultaneo di calore e materia: umidificazione, essiccamento, cristallizzazione.

Agitazione meccanica: fluidodinamica di sistemi omogenei; dispersione di gas e liquidi; sospensione di solidi; scambi di materia e di calore.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni vengono eseguite in parte in aula, in parte su impianti pilota. Esse consistono in applicazioni a problemi pratici dei concetti sviluppati.

TESTI CONSIGLIATI

C.J. King, *Separation process*, McGraw Hill, New York.

R.E. Treybal, *Liquid extraction*, McGraw Hill, New York.

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

A. Foust et al., *I principi delle operazioni unitarie*, Ambrosiana, Milano.

IN543 PROCESSI BIOLOGICI INDUSTRIALI

Prof. Giuseppe GENON

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Processistico

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	56	28	—
Settimanale (ore)	4	2	—

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 tali tecnologia è trattato nel corso di Impianti chimici II, 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 biorattore 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.

TESTI CONSIGLIATI

Buona parte degli argomenti svolti nel corso delle lezioni si trovano illustrati 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 stato inoltre preparato un testo riassuntivo di dispense:

G. Genon, *Processi biologici industriali*, Clut, 1980.

IN337 PROGETTO DI APPARECCHIATURE CHIMICHE

Prof. Ugo FASOLI

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
ChimicaV ANNO
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	80	—
Settimanale (ore)	6	6	—

Il corso si propone di esemplificare la applicazione di nozioni di base nella progettazione delle principali apparecchiature chimiche. Occorre infatti all'ingegnere, sapere applicare i principi di ingegneria in modo rapido e preciso, il che richiede averne fatto una riformulazione sintetica. Ciò che nello stadio di apprendimento dei principi è lo scopo culturale o della conoscenza, nella successiva fase di finalizzazione professionale deve diventare il mezzo e lo strumento da utilizzare nella progettazione. Il corso coinvolge nella progettazione anche considerazioni di management, di economia e di gestione.

Sono propedeutiche le nozioni impartite nei corsi di Principi di Ingegneria chimica e Impianti chimici.

PROGRAMMA

Aspetti generali della progettazione: processo, progetto e gestione: articolazione del progetto di un impianto chimico, voci di costo, organizzazione, priorità.

Aspetti economici: costo del denaro, interesse, ammortamento.

Tecniche di programmazione: il PERT, tecnica dei grafi, ottimazione, programmazione lineare e non lineare.

Regolazione degli impianti: misure, tipi di strumentazione. La funzione caratteristica.

Impianti elettrici, apparecchiature di sicurezza. Il motore asincrono. Il ricupero energetico, la linea privilegiata.

La manutenzione degli impianti chimici.

Normalizzazione dei materiali e delle armature.

Organi di trasferimento e di intercettazione: valvole, pompe, compressori.

Calcolo e progetto delle operazioni unitarie: essiccamento, sedimentazione e filtrazione, comminuzione, trasporto dei solidi, separazione gas-solido, distillazione frazionata, assorbimento, miscelazione.

Le operazioni a stadi: metodi di calcolo analitici e grafici. Richiami di trasferimenti di materia, calore, energia.

ESERCITAZIONI

Il corso prevede l'esecuzione di esercitazioni monografiche, svolte da gruppi di studenti, nelle quali si approfondiscono singole tematiche nell'ambito dei problemi della progettazione chimica, a livello sia teorico sia applicato.

RICERCATORI ADDETTI ALLE ESERCITAZIONI E/O ESPERIENZE DI LABORATORIO:

M. ONOFRIO (salvo cambiamenti)

TESTI CONSIGLIATI

Dispense del corso, Clut.

IN551 REATTORI CHIMICI

Prof. Silvio SICARDI

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Impiantistico - Processistico

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

56

4

Es.

28

2

Lab.

—

—

Il corso si prefigge di fornire agli allievi le conoscenze di base necessarie per il calcolo ed il progetto dei reattori chimici. Sono considerati dapprima i reattori ideali ed in seguito i reattori reali, omogenei ed eterogenei. Sono pure indicate le tecniche per valutare il comportamento dinamico del reattore.

Il corso prevede lezioni ed esercitazioni in aula.

È richiesta la conoscenza dei fondamenti di Chimica fisica e Principi di Ingegneria chimica.

PROGRAMMA

Richiami sui processi di trasferimento di proprietà in presenza di reazione chimica.

Reattori chimici ideali isotermi: confronto tra le loro prestazioni anche in presenza di reazioni complesse.

Reattori chimici ideali non isotermi: bilanci di energia e materia; sensitività del reattore.

Reattori chimici reali omogenei: funzioni distributive delle età; modelli della dispersione longitudinale e della cascata di reattori CSTR; micro e macromiscelazione; segregazione.

Reattori chimici reali eterogenei: reattori catalitici fluido-solido; reattori con flussi multifase: fluidodinamica ed equazioni di progetto.

Comportamento dinamico del reattore: funzioni di trasferimento; criteri di stabilità; controllo e sicurezza dei reattori chimici.

Reattori di laboratorio.

ESERCITAZIONI

Vengono svolti calcoli di progetto e di analisi dei reattori.

TESTI CONSIGLIATI

G. Biardi, *Reattoristica chimica*.

K.K. Westerterp - W.P.M. Van Swaaij - A.A.C. Beenackers, *Chemical Reactor. Design and Operation*.

IN360 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Prof. Ugo ROSSETTI

DIP. di Ingegneria Strutturale

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	52	48	4
Settimanale (ore)	4	4	—

Il corso intende fornire i fondamenti della teoria dell'elasticità, della teoria delle travi inflesse e dei problemi della stabilità dell'equilibrio, il corso illustra taluni aspetti applicativi al fine di far conoscere la problematica tecnica legata alla resistenza dei materiali.

Il corso è articolato in lezioni, esercitazioni in aula e prove di laboratorio.

Sono propedeutiche nozioni generali di Analisi Matematica, Geometria, Fisica e Statica.

PROGRAMMA

Richiami di statica e di geometria delle aree:

Elementi strutturali. Azioni sulle strutture.

Equilibrio di forze e coppie. Caratteristiche sollecitazione.

Deformazioni di travi inflesse.

Principio lavori virtuali. Strutture iperstatiche.

Analisi della deformazione e dello stato di tensione. Problema di de Saint Venant.

Casi semplici di sollecitazione: trazione, flessione. Problema della sezione parzializzata.

Il cemento armato. Cenni di precompresso.

La torsione. Molle. Alberi di trasmissione.

Teoria approssimata del taglio.

Problemi di instabilità per carico di punta.

Tensioni composte.

Tensioni ideali e limiti di resistenza.

Teorie recenti sulla rottura di materiali e strutture.

ESERCITAZIONI

Applicazioni numeriche ed analitiche; accertamenti.

LABORATORI

Presentazione prove meccaniche e strumentazione di misura.

TESTI CONSIGLIATI

Dispensa delle lezioni con esercizi (a cura del Dipartimento).

A. Sassi - G. Faraggiana, *Applicazioni di Scienza delle Costruzioni*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1986.

P. Cicala, *Estratto delle lezioni di Scienza delle Costruzioni*, Ed. Levrotto & Bella, 1973.

IN365 SIDERURGIA

Prof. Aurelio BURDESE

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Metallurgico - Siderurgico

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	15	—
Settimanale (ore)	5	1	—

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 sulla 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.

Nozioni propedeutiche: Chimica fisica, Chimica applicata, Metallurgia e metallografia, Tecnologia dei materiali metallici, Fisica tecnica.

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.

TESTI CONSIGLIATI

A. Burdese, *Metallurgia*, Utet, Torino.

W. Nicodemi - R. Zoijs, *Processi e impianti siderurgici*, Tamburini, Milano.

G. Violi, *Processi siderurgici*, Etas Kompass, Milano.

Vedasi i testi consigliati per i corsi di «Metallurgia e Metallografia» e di «Tecnologia dei materiali metallici».

IN566 TECNICA DELLA SICUREZZA AMBIENTALE

Prof. Norberto PICCININI

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettrochimico

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

48

4

Es.

48

4

Lab.

—

—

Nell'ottica dell'obiettivo della legge 23.12..78 n. 833 che finalizza «Il servizio sanitario nazionale» alla ... «prevenzione delle malattie e degli infortuni in ogni ambiente di vita e di lavoro», l'insegnamento intende: fornire gli strumenti per individuare le pericolosità, acquisire criticamente le normative a fini di sicurezza e definire i procedimenti ed i mezzi tecnici per raggiungerli.

L'insegnamento ha validità per tutti i corsi di laurea e riserva approfondimenti specifici secondo gli interessi di ciascun allievo.

PROGRAMMA

La legge 833, nei suoi obiettivi e nella loro interpretazione tecnica; la legislazione e la normativa specifica nel campo della sicurezza (DPR 547/1955, DPR 303/1956, ecc.); le direttive della CEE.

Pericolosità di prodotti e di operazioni industriali: infortuni sul lavoro e malattie professionali. Tossicità delle sostanze chimiche; reazioni di combustione ed esplosione; rischi legati all'uso dell'energia elettrica.

Metodi di studio delle pericolosità potenziali e manifeste negli ambienti di residenza, lavoro, trasporto e diporto.

Le banche dati incidenti. Analisi di affidabilità e sicurezza; valutazioni probabilistiche, dei rischi. Metodi per l'individuazione delle pericolosità di origine interna agli impianti: analisi di operabilità, analisi dei guasti, diagramma logico causa/conseguenze, albero degli eventi, albero dei guasti. Stima della frequenza di eventi non desiderati. Banche dati di affidabilità componenti. Affidabilità di un componente, di sistemi in serie ed in parallelo, alogica maggioritaria, in attesa di intervento.

Le valutazioni di impatto ambientale; inquinamento dell'aria, dell'acqua e del suolo.

Processi di riduzione degli inquinanti e dei rifiuti.

Principi di ecologia applicata.

ESERCITAZIONI

Costituzione di un prototipo di banca dati incidenti.

Analisi dettagliata su una pericolosità personalmente incontrata.

Analisi particolareggiata di affidabilità e sicurezza di un processo da svolgersi individualmente o in piccolo gruppo.

Elaborazione di una specifica per l'omologazione di un oggetto, una macchina, o una struttura.

TESTI CONSIGLIATI

Raccolta delle norme per la prevenzione degli infortuni.

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

IN417 TECNOLOGIE CHIMICHE INDUSTRIALI

Prof. Norberto PICCININI

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

70

5

Es.

30

4

Lab.

30

—

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

Il corso prevede lezioni, esercitazioni in aula e di laboratorio. Sono propedeutici oltre alle materie chimiche anche i corsi di Principi di Ingegneria chimica. In particolare è essenziale che la Chimica industriale preceda questo corso.

PROGRAMMA

Parte generale: Scelte e criteri per la realizzazione dei processi chimici. Criteri di sicurezza negli impianti chimici. Pericolosità di prodotti e di operazioni chimiche (tossicità delle sostanze chimiche, reazioni di combustione ed esplosive). Analisi di affidabilità e sicurezza (valutazione probabilistica dei rischi, elementi di affidabilità). Impatto ambientale e problemi connessi con il convogliamento degli scarichi.

Parte speciale: Liquefazione e frazionamento dell'aria: produzione di ossigeno e 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 e acido solforico. Carbonato sodico. Cloro-soda. Acido cloridrico. Fosforo e acido fosforico. Biossido di titanio. Produzione di fertilizzanti: Azotati (solfato ammonico, nitrato ammonico, urea, calciocianammide). Fosfatici. Potassici e complessi. Lavorazione del petrolio e suoi derivati (benzina, oli combustibili, lubrificanti). Il gas naturale. produzione di etilene, altre olefine e acetilene. Elastomeri (gomma). Gassificazione e liquefazione del carbone. Sintesi da ossido di carbonio e idrogeno (idrocarburi, metanolo, aldeide formica, oxosintesi). Zucchero. Cellulosa e derivati.

ESERCITAZIONI

Analisi particolareggiata di affidabilità e sicurezza di un processo chimico.

LABORATORI

Le esperienze consistono nella realizzazione su scala laboratorio di processi industriali. Una relazione finale deve correlare i risultati ottenuti alle premesse teoriche.

TESTI CONSIGLIATI

Berti - Calatozzolo - Bertolo, *Processi petroliferi e petrolchimici*, D'Anna, Firenze.

I. Pasquon, *Chimica industriale I*, Clup, Milano.

A. Girelli - L. Matteoli - F. Parisi, *Trattato di Chimica industriale*, vol. 1 e 2, Zanichelli, Bologna.

E. Mariani, *Chimica industriale ed applicata*, vol. 1 e 2, Utet, Torino.

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

IN422 TECNOLOGIE ELETTROCHIMICHE

Prof. Paolo SPINELLI

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettrochimico

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	60	12	—
Settimanale (ore)	5	1	—

Il corso intende fornire i principi informativi dell'industria elettrochimico-metallurgica mediante l'esame approfondito dello sviluppo storico di alcuni processi fondamentali. Vengono fornite nel corso notizie sul dimensionamento di impianti tramite l'utilizzazione dei principi dell'ingegneria chimica.

Il corso si articola su cinque ore di lezione settimanali unitamente ad alcune esercitazioni pratiche e visite ad impianti esistenti.

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

PROGRAMMA

La parte introduttiva del corso si interessa di descrivere in modo particolare elettrodi, diaframmi, circuito di elettrolisi, fornendo anche notizie di carattere ottimativo per l'economicità e la sicurezza globale dei processi elettrochimici.

Come applicazioni dei criteri generali esposti vengono approfonditamente descritte le tecnologie di produzione di idrogeno ed ossigeno, di soda caustica e cloro, ipocloriti e clorati, acqua ossigenata unitamente a cenni su altri processi significativi. Per i processi elettrochimico-metallurgici vengono descritti i principi dell'idrometallurgia, applicandoli espressamente alla raffinazione del rame e la produzione dello zinco. Parimenti si espongono i principi della galvanotecnica. Infine vengono trattati i processi in bagni elettrolitici di sali fusi, con espresso riferimento alla produzione di alluminio e sodio descrivendo le caratteristiche peculiari dei forni utilizzati.

ESERCITAZIONI

All'interno delle lezioni vengono eseguiti calcoli specifici di alcuni impianti.

LABORATORI

Vengono fatti funzionare in laboratorio alcuni modelli di cella, da cui evincere i principi informativi dei processi relativi.

TESTI CONSIGLIATI

P. Gallone, *Trattato di Ingegneria elettrochimica*, Ed. Tamburini, Milano, 1973.

IN424 TECNOLOGIE METALLURGICHE

Prof. Maria LUCCO BORLERA

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Metallurgico - Siderurgico

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	66	35	30
Settimanale (ore)	4	4	—

Il corso ha come scopo uno studio comparativo di alcuni tra i più significativi processi metallurgici per via ignea, idrometallurgica ed elettrochimica.

Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni, laboratori.

Nozioni propedeutiche: Chimica fisica, Chimica applicata, Tecnologie dei materiali e Chimica applicata.

PROGRAMMA

Generalità. Principi di chimica analitica applicata ai metalli ed ai minerali. Leggi chimico-fisiche e diagrammi di stato di interesse metallurgico. Processi di riduzione per via ignea. Processi elettrochimici ed idrometallurgici. Sistemi di arricchimento dei minerali e trattamenti preliminari.

Siderurgia. Minerali di ferro e loro requisiti per l'utilizzazione. Altoforno. Produzione dell'acciaio. Trattamenti termici degli acciai. Ghise da getto, malleabili e sferoidali.

Alluminio: Metallurgia e cenno sulle principali leghe da getto e da trattamento termico.

Rame: Metallurgia per via ignea. Idrometallurgia. Lisciviazione. Ricupero del rame per cementazione e per via elettrolitica.

Zinco: Processo per via ignea e preparazione elettrolitica. Cenni sul ricupero del cadmio e del germanio dai fumi di arrostitimento delle blendes.

Magnesio: Preparazione per via silicotermica e produzione elettrolitica.

Uranio: Processo classico per la produzione dell'ossido e del tetrafluoruro. Estrazione con solventi e con resine a scambio ionico.

Piombo: Minerali e loro requisiti per l'utilizzazione. Metallurgia al forno verticale e su suola. Raffinazione e disargantazione.

ESERCITAZIONI

Comprendono prove analitiche su materiali e leghe ed esami micrografici, röntgenografici e tecnologici su materiali metallici.

LABORATORI

Chimica analitica applicata ai minerali, metalli e leghe; laboratori metallografici, röntgenografici e di prove su materiali.

TESTI CONSIGLIATI

Appunti del corso

A. Burdese, *Manuale di metallurgia*, Ed. Utet.

G. Van Arsedale, *Hydrometallurgy of Base Metals*, Ed. McGraw Hill, New York.

IN427 TECNOLOGIE SIDERURGICHE

Prof. Mario ROSSO

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO; Metallurgico - Siderurgico

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

64

5

Es.

30

3

Lab.

10

—

Il corso ha lo scopo di completare la preparazione degli allievi nel settore della produzione di particolari in acciaio ed in ghisa, illustrando le tecnologie più adatte per la loro formatura. In particolare si studiano le tecniche di fonderia per la produzione di getti in ghisa e la metallurgia delle polveri per l'ottenimento dei prodotti sinterizzati.

Si affronta quindi il problema delle lavorazioni per deformazione plastica, con particolare riferimento all'influenza delle caratteristiche del materiale sulla deformabilità sia a caldo sia a freddo ed all'effetto di tali processi sulla microstruttura e sulle proprietà meccaniche dei prodotti. Inoltre si esaminano i problemi connessi con le forze di attrito in gioco nei processi studiati, ponendo particolare attenzione alla loro riduzione mediante l'uso di lubrificanti. È data particolare importanza alle nuove tecnologie sperimentate nei diversi settori ed all'ottimizzazione tecnico-economica dei processi studiati.

Sono previste lezioni, esercitazioni in aula e in laboratorio; il programma verrà completato mediante visite ad industrie utilizzando le tecnologie oggetto del corso.

Sono da considerare propedeutiche le nozioni di carattere metallurgico e siderurgico.

PROGRAMMA

Fonderia: Nozioni fondamentali di fonderia. I forni a cubilotto: principi operativi, metallurgia, esercizio e progettazione. Modelli permanenti e modelli in polistirolo a perdere. Fabbricazione delle forme mediante formatura in staffa ed in motta. Formatura delle anime processi a caldo ed a freddo. Ricondizionamento delle terre. Fonderia a cera persa. Processi ed impianti di colata. Controllo e finitura dei getti. Ottimizzazione tecnico-economica del processo. Metallurgia delle polveri: Campi di impiego della metallurgia delle polveri. Metodi di produzione e caratteristiche delle polveri metalliche. Sistemi di pressatura. Sinterizzazione in atmosfera controllata e non. Lavorazioni complementari e finitura dei particolari, confronto con i sistemi tradizionali.

Processi di deformazione plastica: Processi di deformazione a calda ed a freddo, caratteristiche metallurgiche e proprietà meccaniche conseguenti. Caratteristiche di formabilità delle leghe metalliche. Fenomeni di attrito e lubrificazione. Criteri di scelta e progettazione degli utensili per le lavorazioni semicontinue e discontinue.

ESERCITAZIONI

Vengono sviluppati esempi applicativi e calcoli numerici sugli argomenti trattati a lezione. Le prove in laboratorio riguarderanno le caratteristiche micro-strutturali e meccaniche dei materiali assoggettati alle diverse tecnologie.

Le esercitazioni saranno integrate da visite a stabilimenti industriali.

TESTI CONSIGLIATI

G. Spur - T. Stöfele, *Enciclopedia delle lavorazioni meccaniche*, vol. 1: Fonderia, formatura galvanica, metallurgia delle polveri, Tecniche Nuove, Milano, 1983.

G. Dieter, *Mechanical Metallurgy*, McGraw Hill, Tokio, 1976.

IN429 TECNOLOGIE TESSILI

Prof. Francantonio TESTORE

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Processistico

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

49

50

—

4

4

—

Il corso si propone lo studio dei principali processi tecnologici in cui si articola la trasformazione delle fibre e dei fili in tessuto finito, i cicli di trasformazione 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 (town) e di fili continui artificiali e sintetici (torcitura e testurizzazione ecc.).

Tecnologia generale di tessitura. Preparazione dell'ordito. Principali tipi di telai, tessuti a trama e catena, a maglia, non tessuti. Rifinitura, 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, cenni sulle prove più importanti (scopi, metodologia, apparecchiature ecc.) che si compiono su fibre, fili e filati, tessuti.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono alternando visite e prove sperimentali presso aziende tessili e meccanotessili e presso laboratori pubblici e privati, nella elaborazione presso il Politecnico dei risultati sperimentali e nella discussione della relazioni compilate con dati raccolti.

TESTI CONSIGLIATI

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

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

Manuale di tecnologia tessile, Ed. Cremonesi, 1981.

Bollettini dell'International Textil Service, Zurigo.

Journal of Textil Institute, Manchester.

F. Testore, *Nel segno dell'ITMA 83*, Ed. Publi E. di Milano, 1984.

IN443 TEORIA E SVILUPPO DEI PROCESSI CHIMICI

Prof. Vito SPECCHIA

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Impiantistico - Processistico

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez. Es.

56 28

4 2

Lab.

—

—

Sono illustrati i criteri per la scelta, la valutazione e lo sviluppo di un processo chimico sulla base di parametri di mercato, tecnici, economici e di sicurezza. Viene trattato dell'acquisizione dei dati, del loro impiego (nel progetto o per variazione di scala), dell'ottimizzazione economica degli impianti e della redditività dei processi.

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

Sono propedeutici i corsi di Principi di Ingegneria chimica e di Principi di Ingegneria chimica II.

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 sistemiche 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; ammortamenti. Valutazioni economiche: flussi dei costi e dei profitti. Investimento richiesto e sua pianificazione. Costo del prodotto e prezzo di indifferenze. 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.

TESTI CONSIGLIATI

D.M. Himmelblau - K.B. Bischoff, *Process Analysis and Simulation: Deterministic Systems*, J. Wiley and Sons, 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 Publishing Co., Houston, 1980.