

guide ai programmi dei corsi 1997/98

SOMMARIO

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI OBBLIGATORI

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI OPZIONARI

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI A SCELTA

INDICE ALFABETICO



INGEGNERIA CHIMICA

**POLITECNICO
DI TORINO**

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

I Facoltà di ingegneria

Preside: prof. Pietro Appendino

Corso di laurea

Ingegneria aerospaziale
Ingegneria per l'ambiente e il territorio
Ingegneria chimica

Settore civile/edile:

Ingegneria civile

Ingegneria edile

Ingegneria elettrica

Ingegneria gestionale

Settore dell'informazione:

Ingegneria delle telecomunicazioni

Ingegneria elettronica

Ingegneria informatica

Ingegneria dei materiali

Ingegneria meccanica

Ingegneria nucleare

Presidente (coordinatore)

Prof. Gianfranco Chiocchia
Prof. Antonio Di Molfetta
Prof. Vito Specchia
Prof. Giovanni Barla
Prof. Giovanni Barla
Prof. Secondino Coppo
Prof. Roberto Napoli
Prof. Agostino Villa
Prof. Paolo Prinetto
Prof. Mario Pent
Prof. Carlo Naldi
Prof. Paolo Prinetto
Prof. Carlo Gianoglio
Prof. Rosolino Ippolito
Prof. Evasio Lavagno

II Facoltà di ingegneria (sede di Vercelli)

Preside: prof. Antonio Gugliotta

Corso di laurea

Ingegneria civile
Ingegneria elettronica
Ingegneria meccanica

Coordinatore

Prof. Riccardo Nelva
Prof. Luigi Ciminiera
Prof. Maurizio Orlando

Edito a cura del SERVIZIO STUDENTI

Politecnico di Torino

Corso Duca degli Abruzzi 24 - 10129 Torino - Tel. 564.6250

Stampato dalla AGIT - Beinasco (To) nel mese di giugno 1997

SOMMARIO

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA	5
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI OBBLIGATORI	15
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI D'ORIENTAMENTO	67
PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE DELLE SCIENZE UMANISTICHE	131
INDICE ALFABETICO PER INSEGNAMENTO	139

Le Guide ai programmi dei corsi di laurea in ingegneria

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

Nel 1997/98 sono attivati a Torino tredici *corsi di laurea* (elenco alla pagina a fronte). Per permettere l'approfondimento di competenze metodologiche e di tecniche progettuali realizzative e di gestione in particolari campi, i corsi di laurea possono essere articolati in indirizzi ed orientamenti. Dell'*indirizzo* eventualmente seguito viene fatta menzione nel certificato di laurea, mentre gli *orientamenti* corrispondono a differenziazioni culturali, di cui invece non si fa menzione nel certificato di laurea; gli orientamenti vengono definiti annualmente dai competenti *Consigli dei corsi di laurea*, e ne viene data informazione ufficiale mediante il *Manifesto degli studi*. Nelle pagine di queste *Guide*, di ciascun corso di laurea viene data una breve descrizione, e viene illustrato il programma di attuazione degli orientamenti previsti per ogni indirizzo.

Gli insegnamenti

Il nuovo ordinamento didattico¹ prevede diversi tipi di insegnamenti, distinti in monodisciplinari, monodisciplinari a durata ridotta (nel seguito indicati come corsi ridotti), e integrati. Un *insegnamento monodisciplinare* è costituito da 80–120 ore di attività didattiche (lezioni, esercitazioni, laboratori, seminari ecc.) e corrisponde ad una unità didattica o annualità. Un *corso ridotto* è costituito da 40–60 ore di attività didattiche e corrisponde a mezza annualità. Un corso integrato è costituito da 80–120 ore di attività didattiche e corrisponde ad una annualità; esso è svolto – in moduli coordinati di almeno 20 ore ciascuno – da due o, al massimo, tre professori che fanno tutti parte della commissione d'esame.

Ogni corso di laurea corrisponde a 29 annualità complessive, ripartite, in ognuno dei cinque anni di corso, su due *periodi didattici* (detti anche impropriamente semestri); ogni Periodo didattico è di durata pari ad almeno 13 settimane effettive di attività. Un'altra novità introdotta già dal DPR 20 maggio 1989² è costituita dal fatto che non sono prescritti specifici insegnamenti (almeno a livello nazionale) per il conseguimento della laurea in un determinato corso di laurea in Ingegneria, ma sono prescritti i numeri minimi di unità didattiche da scegliere in determinati raggruppamenti disciplinari consistenti in *gruppi*³ di discipline affini.

Ogni Consiglio di corso di laurea può adeguare annualmente il piano degli studi alle nuove esigenze richieste dal rapido evolversi delle conoscenze e degli sviluppi tecnologici. Perciò ogni anno i vari Consigli dei corsi di laurea stabiliscono gli insegnamenti ufficiali, obbligatori e non obbligatori, che costituiscono le singole annualità, e le norme per l'inserimento degli insegnamenti non obbligatori, eventualmente organizzati in orientamenti.

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

Finalità e organizzazione didattica dei vari corsi di laurea

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

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

- alcuni corsi di laurea introducono già al terzo anno una scelta di corsi di indirizzo o di orientamento, che richiedono la formulazione di un'opzione fra le scelte segnalate: tali opzioni vanno esercitate all'atto dell'iscrizione;
- in relazione a talune difficoltà, che possono verificarsi all'atto dell'accorpamento di taluni CL per le discipline di carattere propedeutico (del primo e secondo anno), non è assicurata la corrispondenza dei docenti indicati con gli effettivi titolari di dette discipline. In alcuni casi, non essendo noto al momento della stampa delle *Guide*, il nome del docente è stato lasciato indeterminato ("Docente da nominare").

¹ Decreto Ministeriale del 22.05.1995, pubblicato sulla *Gazzetta ufficiale* n. 166 del 18.07.1995.

² Pubblicato sulla *Gazzetta ufficiale* n. 186 del 10.08.1989.

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

Corso di laurea in Ingegneria chimica

Profilo professionale

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

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

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

Nell'individuazione del profilo professionale dell'ingegnere chimico si è tenuto presente il fatto che la sua specificità non si esplica solo nella professionalità legata all'industria di processo chimico, ma anche nell'approccio a qualunque processo industriale analizzato nei suoi elementi fondamentali di trasformazione e di trasporto della materia. Si può affermare che questo approccio è una prerogativa dell'ingegnere chimico, in quanto connesso con una formazione specifica innestata su una struttura di base tecnico-scientifica di tipo industriale. Per costruire il *curriculum* di studi dell'ingegnere chimico secondo le indicazioni sopra enunciate, vengono utilizzati differenti supporti didattici: la base di matematica, informatica di base, chimica, fisica, è comune a tutto il settore dell'ingegneria; successivamente viene introdotto un approccio comune al settore industriale costituito da corsi di meccanica, scienza delle costruzioni, elettrotecnica, elettronica, costruzione meccanica, sviluppati al livello di preparazione generale e di individuazione dei principi fondamentali. Più in dettaglio è programmata invece la formazione nell'ambito specifico dell'ingegneria chimica, operando mediante lo sviluppo successivo di tematiche legate alla termodinamica ed alla cinetica applicata, ai fenomeni di trasporto, alla progettazione delle singole apparecchiature, alla definizione complessiva di impianto ed al suo controllo.

Accanto a tali aree culturali, realizzate mediante discipline basate su un approccio metodologico, sono presenti contributi più applicati, i quali, attraverso l'utilizzo degli

strumenti in precedenza offerti, sono indirizzati a specifiche tecnologie. Si segnalano in particolare la chimica di processo, le modalità di contenimento dell'impatto ambientale, le tecnologie biochimiche ed alimentari, la tecnologia della produzione e del corretto utilizzo dei materiali.

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

Insegnamenti obbligatori

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Orientamenti

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

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

Quadro didattico degli insegnamenti obbligatori

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica

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

(i) Corso integrato.

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

Insegnamenti di orientamento

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

Orientamento Progettazione

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

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

Orientamento Processi di Produzione

W	1	C5610	Tecnologia del petrolio e petrolchimica	<i>oppure</i>
		CA400	Elettrochimica applicata	
T	1	C4030	Processi biologici industriali	
X	2	C0590	Catalisi industriale	<i>oppure</i>
		C4050	Processi di produzione di materiali macromolecolari	
Y	2	C4070	Processi elettrochimici	<i>oppure</i>
		C4080	Processi industriali della chimica fine	
Z	2	CA450	Impianti dell'industria alimentare (*)	
		C5700	Tecnologie industriali (tessili)	

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

Orientamento Impiantistico Ambientale

W	1	C4030	Processi biologici industriali	
T	1	C2661	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti I	
X	2	C2662	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti II	
Y	2	C1300	Dinamica e controllo dei processi chimici (*)	<i>oppure</i>
	2	C4450	Reattori chimici	
Z	2	C0910	Corrosione e protezione dei materiali metallici (*)	<i>oppure</i>
		R1220	Dinamica degli inquinanti	<i>oppure</i>
		C5440	Tecnica della sicurezza ambientale	

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

Orientamento Metallurgia e Materiali

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

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

Orientamento Biotecnologico ed Alimentare

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

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

Orientamento Sicurezza ed Analisi dei rischi

W	1	H5450	Tecnica della sicurezza elettrica	
T	1	RA210	Sicurezza del lavoro e difesa ambientale	
X	2	C5440	Tecnica della sicurezza ambientale	
Y	2	C0910	Corrosione e protezione dei materiali metallici	<i>oppure</i>
	2	M3500	Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici (*)	<i>oppure</i>
		H3770	Modelli per l'organizzazione e la gestione dei sistemi (*)	<i>oppure</i>
		RA160	Ingegneria e sicurezza antincendio (*)	
Z	2	MA460	Metodi e modelli per il supporto alle decisioni (*)	<i>oppure</i>
		R1360	Disciplina delle attività tecnico-ingegneristiche (*)	

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

Orientamento Industria Cartaria

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

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

In via transitoria, limitatamente all'a.a. 1997/98, l'annualità C0665 Chimica industriale II/Sicurezza e protezione ambientale nei processi chimici (i) può essere sostituita con quella prevista alla possibilità W nel piano di studio già approvato degli studenti vincitori delle borse di studio di cui sopra.

Lo studente, tranne che per l'orientamento Industria Cartaria, ha la possibilità di sostituire una delle annualità indicate con (*) nelle precedenti tabelle con un'altra appartenente alla TABELLA H che segue.

1	UM001	Metodologia delle scienze naturali (Il metodo scientifico)
1	UM002	Propedeutica filosofica
2	UM003	Sociologia del lavoro
1	UM004	Sociologia delle comunicazioni di massa
1	UM005	Storia della filosofia contemporanea
1	UM006	Storia della tecnica
2	UM007	Teoria dei linguaggi
2	UM008	Storia del diritto italiano

NORME TRANSITORIE

Le norme transitorie che seguono derivano da una delibera del Consiglio di Corso di Laurea in Ingegneria Chimica che prevede la cristallizzazione del Vecchio Ordinamento a partire dall'a.a. 1997/98, per cui gli studenti che hanno un piano di studio approvato secondo le norme a suo tempo vigenti possano conservarlo fino alla fine degli studi, purché non

apportino ulteriori variazioni; queste infatti potranno essere introdotte solo seguendo le norme del Nuovo Ordinamento in vigore a partire dall'a.a. 1997/98.

Sempre in via transitoria, il corso **C5850 Teoria dello sviluppo dei processi chimici** rimarrà ancora al 1° periodo didattico e con il programma del Vecchio Ordinamento solo per l'a.a. 1997/98; nell'a.a. 1998/99 sarà tenuto come previsto nel 2° periodo didattico con il programma definito per il Nuovo Ordinamento.

- a) Gli studenti del Vecchio Ordinamento iscritti per l'a.a. 1996/97 al 1° anno che abbiano maturato le condizioni per l'iscrizione all'anno successivo, si iscriveranno per l'a.a. 1997/98 al 2° anno del Nuovo Ordinamento.
- b) Gli studenti del Vecchio Ordinamento iscritti per l'a.a. 1996/97 al 2° anno che abbiano maturato le condizioni per l'iscrizione all'anno successivo, si iscriveranno per l'a.a. 1997/98 al 3° anno del Nuovo Ordinamento; nel 2° periodo didattico dovranno però seguire il corso di **C3040 Istituzioni di economia** ed alcuni seminari integrativi al corso **C5570 Tecnologia dei materiali e chimica applicata**, già seguito nell'a.a. precedente.
- c) Gli studenti del Vecchio Ordinamento iscritti per l'a.a. 1996/97 al 3° anno che abbiano maturato le condizioni per l'iscrizione all'anno successivo, si iscriveranno per l'a.a. 1997/98 al 4° anno del Corso di Laurea in Ingegneria Chimica secondo due possibilità:
 - c1) sono in possesso di un piano di studio individuale approvato: questo piano viene mantenuto invariato sia per il 4° anno sia per il successivo 5° anno;
 - c2) non hanno ancora presentato un piano di studio individuale: presenteranno un piano di studio seguendo le regole di approvazione automatica del Nuovo Ordinamento, tenendo presente che, avendo già seguito il corso **C3420 Metallurgia**, non più obbligatorio nel Nuovo Ordinamento, possono non inserire il nuovo corso obbligatorio **C5850 Teoria dello sviluppo dei processi chimici**, ferma restando così la facoltà di predisporre un piano individuale con 5 annualità a scelta nell'ambito dell'orientamento prescelto.
- d) Gli studenti del Vecchio Ordinamento iscritti per l'a.a. 1996/97 al 4° anno che abbiano maturato le condizioni per l'iscrizione all'anno successivo, si iscriveranno per l'a.a. 1997/98 al 5° anno del Corso di Laurea in Ingegneria Chimica mantenendo il piano di studio Vecchio Ordinamento a suo tempo approvato. Qualora però intendessero presentare modifiche al piano di studio, queste dovranno essere effettuate secondo la norma del Nuovo Ordinamento.

Programmi degli insegnamenti obbligatori

C0231 Analisi matematica 1

Anno: 1 Periodo: 1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Luisella Caire

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

- Introduzione al linguaggio matematico. Inquadramento insiemistico di relazioni e funzioni. Numeri cardinali. Principio di induzione. Concetti di calcolo combinatorio. Insiemi numerici, in particolare numeri reali. Proprietà qualitative delle funzioni reali di variabile reale. [12 ore]
- Continuità in un punto e teoremi sulle funzioni continue; limiti e teoremi sui limiti; limiti di funzioni monotone. Confronto tra funzioni; infiniti e infinitesimi. Asintoti rettilinei. [16 ore]
- Successioni; Teorema di Bolzano-Weierstrass; funzione esponenziale. [6 ore]
- Proprietà globali delle funzioni continue: teorema degli zeri e applicazioni; continuità della funzione inversa. Teorema di Weierstrass; continuità uniforme. [6 ore]
- Derivata e differenziale; regole di derivazione; applicazioni allo studio della monotonia e degli estremi. [6 ore]
- Teoremi di Rolle e Lagrange, con applicazioni. Polinomi di Taylor: teoremi sul resto e applicazioni. Calcolo di polinomi di Taylor. Applicazione allo studio della convessità in un punto e dei flessi. Concetti sulla convessità su un intervallo. [12 ore]
- Primitive (integrale indefinito) per funzioni continue a tratti. Regole di integrazione. [6 ore]

- Integrale definito (di Riemann); classi di funzioni integrabili; media integrale; proprietà algebriche e disequazioni relative all'integrale definito. Funzione integrale: proprietà e teorema fondamentale del calcolo integrale. [6 ore]
- Integrali impropri e criteri di convergenza. [6 ore]
- Equazioni differenziali a variabili separabili, equazioni differenziali lineari del primo e secondo ordine. [4 ore]

ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

A. Bacciotti, F. Ricci, *Analisi matematica 1*, Liguori (primo e secondo corso).

C.D. Pagani, S. Salsa, *Analisi matematica. Vol. 1*, Masson (terzo corso).

Testi ausiliari:

P. Boieri, G. Chiti, *Precorso di matematica*, Zanichelli.

A. Tabacco, D. Giublesi, *Temi svolti di Analisi matematica 1*, Levrotto & Bella.

ESAME

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

C0232 Analisi matematica 2

Anno: Periodo 2:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Magda Rolando

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

REQUISITI

Sono propedeutici i corsi di *Analisi matematica 1* e *Geometria*.

PROGRAMMA

Funzioni di più variabili. [4 ore lezione, 3 ore esercitazioni]

Nozioni di topologia negli spazi n -dimensionali. Limite. Continuità.

Calcolo differenziale per funzioni di più variabili. [7 ore lez., 7 ore es.]

Funzioni scalari: derivate parziali. Derivate direzionali. Differenziale; piano tangente. Gradiente. Formula di Taylor. Matrice hessiana. Punti stazionari: loro classificazione.

Funzioni vettoriali: Derivate parziali. Derivate direzionali. Matrice jacobiana. Differenziale. Derivazione di una funzione composta: regola della catena.

Calcolo differenziale su curve e superfici. [5 ore lez., 4 ore es.]

Curve. Superfici regolari nello spazio. Funzioni implicite e varietà. Massimi e minimi vincolati, moltiplicatori di Lagrange.

Integrali multipli. [10 ore lez., 12 ore es.]

Integrali multipli e loro trasformazioni nello spazio n -dimensionale. Primo teorema di Guldino. Cenni sugli integrali impropri. Funzioni definite mediante integrali, teorema di derivazione sotto il segno di integrale.

Integrali su curve e superfici. [8 ore lez., 6 ore es.]

Integrale curvilineo. Area di una superficie. Secondo teorema di Guldino. Superfici orientate. Integrale di flusso. Teorema della divergenza. Forma differenziale lineare. Integrale di linea di un campo. Teorema di Green. Teorema di Stokes. Forma differenziale esatta. Teorema fondamentale. Potenziale.

Serie numeriche e serie di funzioni. [10 ore lez., 4 ore es.]

Serie numeriche, generalità. Serie a termini positivi. Serie a termini di segno alterno. Assoluta convergenza. Serie negli spazi normati. Serie di funzioni; convergenza puntuale e assoluta, in media quadratica, uniforme. Teorema di Weierstrass. Teorema di integrazione e derivazione per serie.

Serie di Fourier. [6 ore lez., 2 ore es.]

Funzioni periodiche. Famiglie ortogonali di funzioni. Polinomi trigonometrici. Polinomio di Fourier di una funzione a quadrato integrabile. Serie di Fourier, sua convergenza in media quadratica. Identità di Parseval. Convergenza puntuale ed uniforme della serie di Fourier.

Serie di potenze. [8 ore lez., 6 ore es.]

Serie di potenze, raggio di convergenza. Sviluppo in serie di Taylor. Sviluppi notevoli. Funzioni definite mediante integrali non elementari. Applicazioni numeriche. Matrice esponenziale.

Sistemi di equazioni differenziali. [14 ore lez., 6 ore es.]

Sistemi di equazioni differenziali del primo ordine. Problema di Cauchy. Equazioni differenziali di ordine n .

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

Sistemi lineari non omogenei di tipo particolare. Equazioni differenziali lineari di ordine n a coefficienti costanti.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

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

Testi ausiliari:

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

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

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

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed una orale, che devono essere sostenute nello stesso appello. Lo studente può presentarsi alla prova scritta una volta per sessione. È necessario prenotarsi preventivamente all'appello, consegnando lo statino presso la segreteria didattica del dipartimento di Matematica, entro la data che verrà di volta in volta comunicata. Se la prenotazione non viene disdetta, lo studente viene considerato come presente. Durante le prove scritte è vietato l'uso di qualsiasi tipo di macchina calcolatrice e di *computer*; lo studente può utilizzare gli appunti del corso, il libro di testo e le tavole.

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

L'orale non può essere sostenuto se la prova scritta risulta insufficiente. L'eventuale esito negativo della prova orale comporta la ripetizione anche della prova scritta in una successiva sessione.

C0290 Applicazioni industriali elettriche

Anno: 2 Periodo:2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+2 (ore settimanali); 70+20+10 (nell'intero periodo)

Docente: Gaetano Pessina

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

PROGRAMMA

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

BIBLIOGRAFIA

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

Civalleri, *Elettrotecnica*, Levrotto & Bella.

Bossi, Sesto, *Impianti elettrici*, Hoepli.

C0510 Calcolo numerico

Anno: 3 Periodo:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (*ore settimanali*)
 Docente: Paola Baratella

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

REQUISITI

Analisi 1, Geometria, Fondamenti di informatica.

PROGRAMMA

Aritmetica, errori. [5 ore]

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

Sistemi lineari. [12 ore]

Metodo di eliminazione di Gauss. Decomposizione di Gauss e fattorizzazione LU. Determinazione matrice inversa. Metodi iterativi: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR.

Autovalori di matrici. [8 ore]

Metodo delle potenze. Metodo delle potenze inverse. Trasformazioni di similitudine e trasformazioni di Householder. Cenni sul metodo QR.

Approssimazione di dati e di funzioni. [12 ore]

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

Equazioni non lineari. [4 ore]

Radici di equazioni non lineari: metodi di bisezione, secanti, tangenti; metodi iterativi in generale. Sistemi di equazioni non lineari: metodo di Newton e sue varianti; metodi iterativi in generale.

Calcolo di integrali. [6 ore]

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

Equazioni differenziali ordinarie. [12 ore]

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

Equazioni alle derivate parziali. [15 ore]

Caratteristiche. Classificazione delle equazioni quasi-lineari di ordine 2. Metodi alle differenze finite. Metodi dei residui pesati (collocazione, Galerkin). Elementi finiti.

ESERCITAZIONI

Vengono sottolineati, con esempi, aspetti particolarmente importanti degli argomenti trattati nelle lezioni, svolti esercizi che contribuiscono ad una miglior comprensione della

teoria e costruiti algoritmi di calcolo. Vengono infine proposte allo studente delle esercitazioni al calcolatore da svolgere a casa o presso i LAIB del Politecnico.

BIBLIOGRAFIA

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

ESAME

Negli appelli in calendario l'esame è solo orale.

Sono tuttavia previste, solo per gli iscritti al corso, due prove scritte di esonero (una a metà Periodo didattico riguardante i primi 4 capitoli ed una a fine corso sulla seconda parte del programma), che, se positive, comportano il superamento dell'esame.

Nel corso delle prove di esonero non è ammessa la consultazione di testi. L'eventuale ritiro dalla prima prova scritta non ha alcuna conseguenza. Per essere ammessi alla seconda prova di esonero occorre aver conseguito almeno 15/30 nella prima prova.

C0621 Chimica 1

Anno: 1 Periodo: 1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (*ore settimanali*)
 Docente: **Giorgio Scavino**

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

PROGRAMMA

La struttura dell'atomo e le leggi fondamentali della chimica. [12 ore]

Le leggi fondamentali della chimica. La struttura dell'atomo. Comportamento chimico degli elementi, tavola periodica, valenza e legami chimici, significato quantitativo di formule e reazioni.

Lo stato gassoso. [6 ore]

Leggi fondamentali dei gas ideali e reali. Vengono confrontati due approcci differenti allo studio del comportamento della materia: quello sperimentale e quello teorico (teoria cinetica dei gas).

Lo stato liquido e le soluzioni. [6 ore]

Proprietà dei liquidi e delle soluzioni. Modi di esprimere la concentrazione delle soluzioni. Proprietà colligative: pressione osmotica, conducibilità elettrica, ebullioscopia e crioscopia.

Stato solido. [6 ore]

I reticoli cristallini di Bravais. Il legame chimico nei solidi e le loro proprietà. Principali difetti reticolari. Diffrazione di raggi X. Diagrammi di stato e regola delle fasi.

Termochimica. [7 ore]

Primo e secondo principio della termodinamica. Tonalità termica delle reazioni chimiche e grandezze termodinamiche (entalpia, energia interna, lavoro). Entropia, energia libera e spontaneità delle trasformazioni chimiche e fisiche. Legge di Hess.

Cinetica. [5 ore]

Fattori che influenzano la velocità di reazione. Equazioni cinetiche per reazioni del primo e del secondo ordine. Energia di attivazione. Vengono confrontati aspetti cinetici e termodinamici nei processi chimici.

Equilibrio chimico. [8 ore]

Legge di azione di massa dedotta da considerazioni cinetiche. Principio di Le Châtelier. Equilibri in fase omogenea e eterogenea. Equilibri in soluzione: dissociazione di acidi e basi (pH), idrolisi, soluzioni tampone.

Elettrochimica. [7 ore]

I potenziali *standard* di riduzione e l'equazione di Nernst. Spontaneità delle reazioni di ossido-riduzione. Pile e celle elettrolitiche.

Chimica organica. [10 ore]

Idrocarburi saturi, insaturi e aromatici. Gruppi funzionali. Nomenclatura, struttura e reazioni chimiche dei composti organici. Reazioni di polimerizzazione.

Chimica descrittiva. [10 ore]

In questa parte del corso sono esaminate le caratteristiche comuni agli elementi di ciascun gruppo della tavola periodica. Alcuni elementi (H, O, Na, Al, C, N, S, Cl, Fe) sono trattati in modo più dettagliato, con riferimento ad alcuni processi industriali di preparazione.

ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

C. Brisi, V. Cirilli, *Chimica generale e inorganica*, Levrotto & Bella, Torino.

C. Brisi, *Esercizi di chimica*, Levrotto & Bella, Torino.

M. Montorsi, *Appunti di chimica organica*, CELID, Torino.

Materiale integrativo dattiloscritto darà reso disponibile durante il corso.

ESAME

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

C0622 Chimica 2 (Corso ridotto)

Anno: 2 Periodo: I

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2+3 (ore settimanali); 82+14+24 (nell'intero periodo)

Docente: **Franco Ferrero**

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

- 1) la chimica organica, mediante lo studio sistematico delle principali classi di composti (nomenclatura, struttura, proprietà fisiche e chimiche, fonti industriali, reazioni di preparazione e reazioni tipiche) e l'interpretazione razionale dei meccanismi di reazione (natura dei reagenti, intermedi, aspetti cinetici e termodinamici, stereochimica);
- 2) la chimica degli equilibri in soluzione (acido-base, redox, complessazione, solubilità), sviluppata nei suoi aspetti quantitativi ed analitici;
- 3) i principi dell'analisi strumentale (metodi elettrochimici, spettrofotometrici e cromatografici).

La trattazione teorica è integrata da esercitazioni in aula, concernenti la risoluzione di problemi e calcoli stechiometrici, e soprattutto da esercitazioni di laboratorio, in cui gli allievi, singolarmente o a piccoli gruppi, si applicano in modo diretto all'esecuzione di esperienze basate su determinazioni analitiche. Il corso si articola pertanto in 4 unità didattiche (chimica organica, equilibri in soluzione, analisi strumentale, laboratorio).

REQUISITI

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

PROGRAMMA

1) Chimica Organica

Struttura e proprietà delle molecole organiche: Caratteristiche dei vari tipi di legame, relazioni tra struttura e proprietà, orbitali molecolari, ibridazione, risonanza. Isomeria strutturale. Stereoisomeria. Chiralità molecolare e attività ottica. Configurazione del carbonio chirale. Diastereomeri. Risoluzione delle miscele racemiche. Reazioni dei composti chirali. [8 ore]

Alcani: nomenclatura, isomeri, isomeri conformazionali, proprietà fisiche, fonti, metodi di preparazione, reazioni. Alogenazione radicalica. Cicloalcani. [6 ore]

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

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

Areni: benzene, struttura e stabilità, aromaticità, nomenclatura derivati. Reazioni di

sostituzione elettrofila aromatica: meccanismo ed elettrofili, reattività ed orientamento nelle reazioni dei derivati monosostituiti e disostituiti del benzene. Sintesi derivati aromatici. Areni: fonti, metodi di preparazione, alogenazione ed ossidazione, radicale e carbocazione benilico. Idrocarburi aromatici polinucleari. [6 ore]

Alogenoderivati: struttura, proprietà fisiche, metodi di preparazione. Reazioni di sostituzione nucleofila alchilica: meccanismi SN_2 e SN_1 , stereochimica, reattività, nucleofilia e basicità reagenti. Reazioni di eliminazione E_2 e E_1 , competitività con SN , fattori influenti. Alogenuri arilici e reazioni di SN arilica. Reazioni degli alogenuri di alchilmagnesio. [3 ore]

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

Aldeidi e Chetoni: nomenclatura, struttura, proprietà fisiche, metodi di preparazione. Reazioni di addizione nucleofila al carbonile. Reazioni di ossidazione e di riduzione. Condensazione aldolica e reazioni simili. Carboidrati: struttura, monosaccaridi, di e polisaccaridi principali. [4 ore]

Acidi carbossilici: nomenclatura, tipi, proprietà fisiche, metodi di preparazione, acidità e reazioni tipiche. Derivati degli acidi e reazioni di sostituzione nucleofila acilica. Esteri: reazioni di preparazione e sostituzione. Poliammidi e poliesteri. [3 ore]

Ammine: nomenclatura, struttura, tipi, proprietà fisiche, metodi di preparazione, basicità e reazioni tipiche, metodi di preparazione. Sali di diazonio: reazioni di sostituzione e di copulazione. Amminoacidi e proteine. [3 ore]

2) Equilibri ionici in soluzione

Concetti fondamentali: Aspetti cinetici e termodinamici, costante stechiometrica e termodinamica, fattori influenti sull'equilibrio, attività, forza ionica. [2 ore]

Equilibri acido-base: Elettroliti, solventi, forza degli acidi e delle basi. Bilanci di carica e di massa. Acidi e basi forti. Equilibri acidi e basi deboli, soluzioni tampone. Curve di titolazione e indicatori acido-base. Equilibri acidi e basi polifunzionali, anfotiti, curve di titolazione. Miscele acido debole-base debole. [6 ore]

Equilibri di ossido-riduzione: Reazioni di ossido-riduzione, reazioni elettrodiche, celle elettrochimiche. Potenziali elettrodici, equazione di Nernst, potenziali standard, potenziali di cella. Calcolo di costanti di equilibrio, potenziali formali, diagrammi E/pH. Curve di titolazione, calcolo di potenziali al punto di equivalenza, indicatori. [6 ore]

Equilibri di complessazione: formazione di composti di coordinazione, leganti, chelanti. Complessi con EDTA, curve di titolazione e indicatori. [3 ore]

Equilibri di solubilità: solubilità e prodotto di solubilità, ione comune e precipitazione frazionata. Titolazioni di precipitazione e curve di titolazione. Equilibri di solubilità in relazione ad altri tipi di equilibri. Solubilità idrossidi, precipitazione e dissoluzione di solfuri. [3 ore]

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

3) Analisi strumentale

Metodi elettrochimici: Pile di concentrazione, elettrodi di riferimento ed elettrodi indicatori, elettrodo a vetro per la misura del pH, elettrodi ionospecifici, titolazioni potenziometriche. Conduttometria. Altri metodi elettrochimici. [4 ore]

Metodi spettrofotometrici: Interazioni tra materia e radiazioni elettromagnetiche. Emissione,

assorbimento, fluorescenza. Spettrofotometria UV-VIS e applicazioni analitiche. Spettrofotometria IR e analisi sostanze organiche. Assorbimento atomico. [4 ore]

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

ESERCITAZIONI

Problemi di chimica organica. [4 ore]

Calcoli di pH per soluzioni di acidi e basi deboli, soluzioni tampone. [2 ore]

Calcoli di pH per soluzioni di acidi e basi polifunzionali, anfoliti e simili. [2 ore]

Calcoli su equilibri di ossido-riduzione. Problemi di volumetria di ossido-riduzione. [2 ore]

Calcoli su equilibri di solubilità e sulla precipitazione frazionata. [2 ore]

Calcoli su equilibri di solubilità in relazione ad altri equilibri. [2 ore]

LABORATORIO

Le esercitazioni si effettuano con squadre a numero limitato di allievi, individualmente e/o in piccoli gruppi. I risultati di ogni esercitazione, elaborati statisticamente, vengono presentati in una relazione, che viene corretta e valutata. I giudizi su tali relazioni forniscono un voto in trentesimi di cui si tiene conto nella formulazione del voto di esame. Titolazioni acido-base con indicatori e pH-metriche: costruzione curve di titolazione. [6 ore] Titolazioni di ossido-riduzione con permanganato e iodometriche. [6 ore] Titolazioni potenziometriche redox e di precipitazione. [3 ore]

Separazione di ioni con resine scambiatrici e titolazioni complessometriche con EDTA. [3 ore] Determinazioni spettrofotometriche nell'UV-VIS. [3 ore]

Determinazioni gascromatografiche di miscele di sostanze organiche. [3 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

C. Di Bello, *Principi di Chimica Organica*, Decibel-Zanichelli, Padova, 1993.

D.A. Skoog, D.M. West, F.J. Holler, *Chimica Analitica. Una introduzione*. Edises, Napoli, 1996.

F. Ferrero, M.P. Gaglia Prati, *Chimica II: Lezioni ed esercizi (dispense)*.

Testi ausiliari:

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

G. Saini, E. Mentasti, *Fondamenti di Chimica Analitica: Equilibri ionici e volumetria*, Utet, Torino, 1993.

D.C. Harris, *Chimica Analitica Quantitativa*, Zanichelli, Bologna, 1991.

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

ESAME

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

C0661 Chimica industriale 1

Anno: 3 Periodo:2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+2 (ore settimanali); 70+28 (nell'intero periodo)

Docente: **Giovanni Battista Saracco** (collab.: Maurizio Onofrio)

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

PROGRAMMA

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

Fabbisogni idrici dell'industria. [2 ore]

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

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

Calcolo delle proprietà delle sostanze. [4 ore]

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

Dimensionamento di reattori continui e discontinui. [4 ore]

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

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

ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

R. Rigamonti, *Chimica industriale*, CLUT.

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

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

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

ESAME

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

C0665 Chimica industriale 2 + Sicurezza e protezione ambientale dei processi chimici

(Corso integrato)

Anno: 5 Periodo: 1

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (*ore settimanali*); 78+30+8 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Norberto Piccinini** (collab.: Italo Mazzarino, Guido Sassi)

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

REQUISITI

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

SICUREZZA AMBIENTALE NEI PROCESSI CHIMICI

(33+30+8 ore nell'intero periodo)

Incidenti e rischi nell'industria chimica

Evoluzione degli incidenti nelle attività industriali. Pericolosità di prodotti e di reazioni chimiche: Tossicità delle sostanze chimiche [6 ore].

Gas, Vapori e polveri a rischio di esplosione (Tipologia delle reazioni di ossidazione ed esplosive. Infiammabilità dei liquidi. Processi di inertizzazione) [6 ore].

Combustione dei solidi (Dinamica di un incendio, tossicità dei prodotti di combustione, ecc. [2 ore].

Banche dati incidenti. Valutazione probabilistica dei rischi [4 ore].

Identificazione degli eventi pericolosi [6 ore]

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

Prevenzione e protezione antincendio [6 ore]

Riferimenti normativi e di buona tecnica. Definizioni.

Incidenti tipici di riferimento e luoghi a maggior rischio di incendio.

Orientamenti progettuali di tipo "prestazionale" o di tipo "deterministico". Criteri di progettazione attivi, (Impianti di rilevazione, sistemi di raffreddamento, ecc.) o passivi (Coibentazioni, ecc.).

Conseguenze del rilascio di prodotti infiammabili o tossici [3 ore]

Tipologia di sorgenti (Rilasci liquidi, gassosi, ecc.).

Valutazione dei danni per rilasci di energia (Incendio da pozza, Jet fire, Fireball, Esplosioni).

Danni per esposizione a sostanze tossiche (Dispersione di inquinanti, diffusione di fumi di incendio, ecc.).

ESERCITAZIONI

Per una corretta comprensione del significato, uso e limiti delle differenti metodologie e soprattutto di software commerciali si svilupperanno esercizi pratici su semplici schemi d'impianto.

Tali esercizi raccolti sistematicamente costituiranno un fascicolo da portare all'esame; per il loro svolgimento, in alcuni casi, gli allievi saranno riuniti in piccoli gruppi (3-4 persone).

LABORATORIO

Saranno organizzate esperienze pratiche di esercitazioni antincendio da effettuarsi in un campo prove esterno al Politecnico.

BIBLIOGRAFIA

Parte del materiale didattico sarà messo a disposizione durante il corso.

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

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

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

CHIMICA INDUSTRIALE 2

(45 ore nell'intero periodo)

Parte generale [2 ore]

Scelte e criteri per la realizzazione dei processi chimici.

Parte speciale [10 ore]

Liquefazione e frazionamento dell'aria: produzione di ossigeno ed azoto. Produzione di idrogeno e di gas di sintesi (idrogeno per via elettrolitica e da idrocarburi, conversione dell'ossido di carbonio, purificazione dei gas di sintesi).

Processi produttivi [33 ore]

Ammoniaca. Acido nitrico. Zolfo ed acido solforico. Carbonato sodico. Cloro-soda. Acido cloridrico. Fosforo ed acido fosforico. Biossido di titanio. Produzione di fertilizzanti: azotati; fosfatici; potassici e complessi. Lavorazione del petrolio e suoi derivati. Il gas naturale. Elastomeri (gomma).

BIBLIOGRAFIA

Parte del materiale didattico sarà messo a disposizione durante il corso.

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

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

ESAME

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

È previsto, a metà Periodo didattico, un colloquio orale facoltativo il cui superamento comporta l'esonero di quanto sostenuto. L'esonero è valido esclusivamente per la prima sessione d'esami.

C0940 Costruzione di macchine

Anno: 4 Periodo: 2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (*ore settimanali*)
 Docente: **Giovanni Roccati** (collab.: Luca Goglio)

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA (72 ORE)

Richiami su: tensore delle sollecitazioni, tensore delle deformazioni; direzioni, tensioni, dilatazioni principali; relazioni di elasticità; ipotesi di tensione ideale [6 ore].

Fatica ed effetto di intaglio, legge del danno cumulativo, criteri di verifica dei cuscinetti a rotolamento [6 ore].

Recipienti a parete sottile (gusci) in stato di tensione membranale [4 ore].

Stato di sollecitazione piana assialsimmetrica, tubi spessi e collegamenti forzati [4 ore].

Piastre circolari inflesse caricate assialsimmetricamente [4 ore].

Effetti di bordo e sollecitazioni flessionali nei gusci sottili [4 ore].

Calcolo statico ed a fatica di collegamenti saldati e mediante bulloni [6 ore].

Meccanica della frattura, prove non distruttive ed estensimetria [8 ore].

Analisi matriciale delle strutture ed informazioni sui metodi di calcolo strutturale agli elementi finiti [12 ore].

Informazioni generali sulla rappresentazione grafica di recipienti in pressione, caldarerie, tubazioni ed elementi meccanici mediante viste e sezioni in proiezioni ortogonali, e cenni sulle assonometrie [8 ore].

Collegamenti fissi con chiodature e saldature, smontabili mediante elementi filettati [3 ore].

Tipi di cuscinetti volventi e loro montaggio [2 ore].

Tolleranze dimensionali ed accoppiamenti con interferenza o con gioco, tolleranze di forma [3 ore].

Designazione convenzionale dei materiali [2 ore].

ESERCITAZIONI (48 ORE)

Esercizi sui singoli argomenti indicati nel programma delle lezioni [26 ore].

Redazione relazione di verifica di un recipiente in pressione secondo norme ISPSL [8 ore].

Esercitazioni di laboratorio su estensimetria e prove non distruttive [2 ore].

Schizzi di elementi meccanici, tubazioni e recipienti in pressione [12 ore].

BIBLIOGRAFIA

Appunti predisposti dal docente ed appunti dalle lezioni;

TESTI AUSILIARI

O. BELLUZZI, "Scienza delle Costruzioni", Zanichelli, Bologna, 1984;

Manuali vari di Disegno Tecnico

ESAME

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

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

CA240 Fondamenti di meccanica teorica e applicata

Anno: 2 Periodo: 2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (*ore settimanali*); 76+44 (*nell'intero periodo*)

Docente: Nicolò D'Alfio

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

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

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

REQUISITI

Analisi 1, Fisica 1, Geometria.

PROGRAMMA

Cinematica. [18 ore]

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

Dinamica. [20 ore]

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

Attrito. [6 ore]

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

Componenti meccanici ad attrito. [10 ore]

Contatti estesi, ipotesi dell'usura. Freni a pattino, freni a ceppi con teoria semplificata, freni a disco, accostamento rigido o libero degli elementi frenanti. Freni a nastro. Azioni frenanti e coppie frenanti. Frizioni piane assiali semplici e a dischi multipli, frizioni coniche,

condizioni di innesto.

Sistemi di trasformazione e trasmissione del moto. [10 ore]

Ruote di frizione. Ruote dentate, rapporto di trasmissione, ingranaggi cilindrici a denti dritti ed elicoidali, ingranaggi conici, vite senza fine – ruota elicoidale. Forze scambiate e reazioni vincolari. Rotismi ordinari ed epicicloidali. Trasmissioni a cinghie piane e dentate. Vite-madrevite, forze scambiate con semplificazione dei cunei equivalenti e condizioni di irreversibilità del moto.

Transitori nei sistemi meccanici. [4 ore]

Accoppiamento diretto motore-carico, accoppiamento motore-carico con riduttore di velocità, accoppiamento motore-carico con innesto a frizione. Sistemi a regime periodico, irregolarità periodica, volani.

Vibrazioni lineari a un grado di libertà. [5 ore]

Vibrazioni libere, rigidezza equivalente. Vibrazioni libere smorzate, decadimento logaritmico. Vibrazioni forzate, metodo dei vettori rotanti, fattore di amplificazione, risonanza. Accelerometro.

Supporti lubrificati. [3 ore]

Viscosità, teoria elementare della lubrificazione idrodinamica, pattini e supporti, cenni sulla lubrificazione idrostatica.

ESERCITAZIONI

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

1. cinematica dei manovellismi, sistemi di sollevamento e sistemi meccanici; [12 ore]
2. equilibri statici, a regime e dinamici; [12 ore]
3. attrito radente, al perno, volvente; [6 ore]
4. freni e frizioni; [5 ore]
5. ruote dentate, rotismi, vite-madrevite; [4 ore]
6. transitori e sistemi a regime periodico; [3 ore]
7. vibrazioni lineari. [2 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

G. Belforte, *Meccanica Applicata alle Macchine*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1997.

C. Ferraresi, T. Raparelli, *Appunti di meccanica applicata*, CLUT, Torino, 1992.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

G. Jacazio, B. Piombo, *Meccanica applicata alle macchine. Vol. 1-2*, Levrotto & Bella, Torino, 1991-92.

J.M. Meriam, L.G. Kraige, *Engineering mechanics. Vol. 1-2*, SI version, Wiley, New York, 1987.

ESAME

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

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

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

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

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

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

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

CA310 Elettronica

Anno: 5 Periodo: 1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)
 Docente: **Francesco Gregoret**

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

REQUISITI

Le nozioni del corso di *Applicazioni industriali elettriche*.

PROGRAMMA

- Richiami di elettrotecnica di base; analisi di reti nel dominio del tempo e della frequenza; analisi di transistori.
- Componenti passivi ed attivi: concetto di modello elettrico; resistenze, induttanze, condensatori; diodi; transistori.
- Amplificatori: classificazione ed impiego; reazione positiva e negativa; amplificatori operazionali; oscillatori.
- Circuiti non lineari; applicazioni con diodi ed amplificatori operazionali.
- Alimentatori e regolatori.
- Acquisizione dati: definizione di conversione digitale/analogica ed analogica/digitale; convertitori A/D e D/A; *sample & hold*; sistemi di acquisizione dati.
- Elaboratori elettronici: cenni all'algebra di Boole, circuiti logici combinatori e sequenziali, famiglie logiche bipolari e MOS, organizzazione di un elaboratore, descrizione di una unità centrale integrata; cenni sui linguaggi e sui sistemi operativi.

ESERCITAZIONI E LABORATORI

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

BIBLIOGRAFIA

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

Indicazioni bibliografiche di testi di consultazione verranno fornite durante il corso.

C1901 Fisica generale 1

Anno: 1 Periodo: 2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (*ore settimanali*)
 Docente: **Elio Miraldi**

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Misure

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

Meccanica del punto

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

Meccanica dei sistemi

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

Oscillazioni meccaniche

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

Fluidi

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

Gravitazione

Legge della gravitazione universale. Energia potenziale gravitazionale. Campo e potenziale gravitazionale. Leggi di Keplero.

Elettrostatica

Legge di Coulomb. Conservazione della carica. Campo elettrico. Linee di forza. Campo elettrico di: una carica puntiforme; un dipolo elettrico; una distribuzione lineare di carica; un disco carico. Carica puntiforme e dipolo in un campo elettrico. Flusso del campo elettrico. Legge di Gauss. Conduttore carico isolato. Applicazioni della legge di Gauss. Energia potenziale elettrica. Potenziale elettrico. Campo elettrico e potenziale. Potenziale di: una carica puntiforme; un insieme di cariche puntiformi, un dipolo elettrico; una distribuzione continua di cariche. Superfici equipotenziali. Condensatori. Capacità elettrica. Calcolo della capacità. Condensatori in serie e in parallelo. Energia immagazzinata in un campo elettrico.

Ottica geometrica

Riflessione e rifrazione della luce. Specchi piani e sferici. Superfici rifrangenti sferiche. Lenti sottili.

ESERCITAZIONI

Impostazione, risoluzione e commento di semplici problemi di fisica relativi a tutti i principali argomenti trattati nelle lezioni.

LABORATORIO

1. Misurazione di spostamenti, velocità e accelerazione di gravità per un corpo in caduta libera.
2. Misurazione del Periodo di oscillazione del pendolo semplice in funzione della lunghezza del filo e dell'ampiezza di oscillazione.
3. Misurazione dell'indice di rifrazione del vetro con il metodo del prisma in condizione di deviazione minima.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

R. Resnick, D. Halliday, D.S. Krane, *Fisica 1*, 4. ed., Ambrosiana, Milano, 1993.

D. Halliday, R. Resnick, D.S. Krane, *Fisica 2*, 4. ed., Ambrosiana, Milano, 1994 (solo per l'elettrostatica e l'ottica geometrica).

Testo ausiliario:

G. Lovera, B. Minetti, A. Pasquarelli, *Appunti di Fisica 1*, Levrotto & Bella, Torino, 1977.

ESAME

L'esame consta di una prova orale, che si svolge dopo che il docente ha acquisito vari elementi di giudizio sullo studente, fra cui l'esito di una prova scritta e le relazioni di laboratorio.

Lo scritto consta di norma di tre esercizi che ricoprono tutto l'arco della materia svolta nel corso.

Una volta svolto lo scritto, l'esame (orale) può essere sostenuto in qualunque appello a partire da quello in cui si è svolto lo scritto stesso, purché entro il maggio dell'anno immediatamente successivo. Superato tale tempo senza aver sostenuto l'orale con esito positivo, lo scritto deve essere comunque ripetuto. Lo scritto effettuato nel preappello di maggio vale solo per tale preappello.

La prova scritta rimane valida, nei limiti di tempo di cui al punto precedente, anche nel caso in cui la prova orale non venga superata.

Lo studente che, avendo svolto lo scritto, intende sostenere l'orale deve prenotarsi apponendo il proprio nome sui fogli disponibili presso il dipartimento di Fisica a partire da una settimana prima di ogni appello.

Lo statino deve essere presentato all'atto di sostenere l'esame orale.

C1902 Fisica generale 2

Anno: 2 Periodo: 1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2+2 (ore settimanali)
 Docente: **Laura Trossi** (collab.: Elena Tresso)

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

REQUISITI

Conoscenza degli argomenti trattati nel corso di *Fisica I*.

PROGRAMMA

Campo elettrostatico in un dielettrico. [6 ore]

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

Correnti elettriche in regime stazionario. [2 ore]

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

Campo magnetico statico. [8 ore]

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

Proprietà magnetiche dei materiali. [4 ore]

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

Fenomeni induttivi. [8 ore]

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

Onde. [2 ore]

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

Onde elettromagnetiche. [10 ore]

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

Spettro elettromagnetico. La luce. Interazione onda elettromagnetica con la materia. Spettro

di corpo nero, ipotesi di Plank. Quantizzazione dell'energia elettromagnetica: l'effetto fotoelettrico. Aspetto corpuscolare della radiazione elettromagnetica: l'effetto Compton. Propagazione onde elettromagnetiche nella materia: dispersione (indice di rifrazione e costante dielettrica).

Optica ondulatoria. [8 ore]

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

Diffrazione da cristalli, di raggi-X. Polarizzazione della luce. Sostanze dicroiche. Angolo di Brewster, attività ottica. Onda e.m. in mezzi anisotropi. Elissoide di Fresnel, lamina birifrangente.

Struttura della materia. [10 ore]

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

Principio di funzionamento del laser. [2 ore]

Termodinamica. [12 ore]

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

Termodinamica statistica.

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

LABORATORIO

1. misura di resistenza con ponte di Wheatstone e di temperatura con sensore PT100;
2. studio delle oscillazioni forzate in un circuito RLC mediante uso di oscilloscopio e generatore di segnali, e simulazioni al calcolatore di transistori in circuiti RC e RLC;
3. misura di lunghezza d'onda della luce mediante reticolo di diffrazione e misura di indice di rifrazione mediante luce polarizzata e angolo di Brewster (con rivelatore a fotodiodo);
4. misura della diffusività termica di un provino metallico.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

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

R. Resnick, D. Halliday, *Fisica I*, Ed. Ambrosiana, Milano (per la parte di termodinamica).

Testi ausiliari:

Halliday, Resnick, Krane, *Fisica II*, Ed. Ambrosiana, Milano.

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

ESAME

1. L'esame consta di una prova orale, che si svolge dopo che il docente ha acquisito vari elementi di giudizio sullo studente, fra cui l'esito di una prova scritta e le relazioni di laboratorio.

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

C2170 Fondamenti di informatica

Anno: 1 Periodo:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2+2 (*ore settimanali*)
 Docente: **Enrico Macii**

Il corso intende presentare i fondamenti dell'informatica, con lo scopo di chiarirne i principi teorici per permettere una corretta valutazione delle possibilità applicative degli elaboratori elettronici. Ci si prefissa inoltre di fare acquisire agli allievi una discreta "manualità" nell'uso degli elaboratori, attraverso l'impiego di strumenti di produttività individuali e di un linguaggio di programmazione.

Il corso è propedeutico ai corsi specialistici di informatica. Inoltre fornisce le basi per molti corsi di carattere matematico-fisico che richiedono l'uso del calcolatore per le esercitazioni e lo sviluppo di casi di studio.

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Cenni storici [2 ore]

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

Codifica dell'informazione [10 ore]

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

Logica booleana [4 ore]

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

Tecnologia elettronica [4 ore]

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

Architettura degli elaboratori elettronici [8 ore]

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

Il software [4 ore]

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

Il sistema operativo ms-dos [4 ore]

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

Strumenti di produttività individuale [8 ore]

elaborazione di testi e tabelle in formato elettronico; database

Il linguaggio c [20 ore]

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

Telematica [12 ore]

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

ESERCITAZIONI

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

LABORATORIO

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

BIBLIOGRAFIA

A.Lioy, "Fondamenti di Informatica - quaderno di testo", Politeko

P.Tosoratti, G.Collinassi, "Introduzione all'informatica", Ambrosiana

J.Purdum, "Guida al C - corso completo di programmazione", Jackson

Testi ausiliari (per approfondimenti):

P.Bishop, "Informatica", Jackson

B.Kernigham, D.Ritchie, "Il linguaggio C", Jackson

ESAME

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

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

C2300 Geometria

Anno: 1 Periodo:2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (*ore settimanali*); 76+44 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Maria Teresa Rivolo**

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

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

ESERCITAZIONI

1. Operazioni tra vettori [3 ore]
2. Esercizi su numeri complessi ed equazioni algebriche. [3 ore]
3. Esempi di spazi e sottospazi vettoriali. Esercizi sulla dipendenza lineare. Determinazione di generatori e di basi. Operazioni tra matrici [6 ore]
4. Risoluzione e discussione sulla compatibilità di sistemi lineari. Calcolo dell'inversa di una matrice. [4 ore]
5. Applicazioni lineari e matrici associate. Cambiamenti di base. Calcolo di autovalori e determinazione di autospazi. Esempi di diagonalizzazione e di forma canonica di Jordan per una matrice quadrata. [8 ore]
6. Basi ortonormali. Matrici simmetriche e forma canonica di una forma quadratica. [2 ore]
7. Rette, circonferenze e coniche del piano. [6 ore]
8. Curve e superfici dello spazio: rette, piani, circonferenze, sfere, quadriche, coni, cilindri, superfici di rotazione. [10 ore]
9. Proprietà differenziali di una curva: tangente, piano osculatore, cerchio osculatore, curvatura, torsione. Studio dell'elica circolare. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

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

TESTI AUSILIARI:

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

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

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

ESAME

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

- a) Due prove durante il semestre, la prima in forma di test, della durata di un'ora, riguardante l'algebra lineare; la seconda, della durata di un'ora e mezza, composta da esercizi di geometria analitica piana e spaziale.
- b) Una prova della durata di due ore, in uno degli appelli previsti dal calendario, composta da esercizi sugli argomenti del Corso.

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

C2601 Impianti chimici 1

Anno: 4 Periodo:2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (*ore settimanali*); 56+56 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Romualdo Conti** (collab.: Fulvia Chiampo)

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

REQUISITI

Sono propedeutici i corsi di *Principi di ingegneria chimica*.

PROGRAMMA

Apparecchiature per il trasferimento di calore.

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

2. Criteri di progettazione e particolari costruttivi degli evaporatori. Termocompressione. Impianti di concentrazione a multipli effetti. [8 ore]

Apparecchiature per il trasferimento di materia. [9 ore]

Caratteristiche costruttive, parametri geometrici fondamentali e criteri di progettazione delle colonne di distillazione e delle colonne di assorbimento. Montaggio ed allacciamenti: risoluzione dei problemi connessi con le dilatazioni termiche. Lisciviatori.

Apparecchiature per il trasferimento simultaneo di calore e di materia.

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

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

Apparecchi a letto fluidizzato. [4 ore]

Principi di fluidizzazione; impieghi dei letti fluidizzati in ingegneria chimica. Alimentazione del solido e del gas, recupero del solido, cicloni. Cenno ai letti fluidizzati trifasici.

Recipienti agitati meccanicamente. [6 ore]

Agitazione e miscelazione di sistemi omogenei ed eterogenei con particolare riferimento ai reattori agitati multifasici. Reattori solido-liquido: geometria degli apparecchi, tipi di agitatore, velocità minima dell'agitatore per la sospensione completa del solido, profili di concentrazione. Avviamento e riavviamento degli apparecchi. Reattori gas-liquido: geometria degli apparecchi, tipi di agitatore e di gorgogliatore, velocità minima dell'agitatore per la dispersione completa del gas. Scambio di calore e di materia nei reattori agitati multifasici.

ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

J.M. Coulson e J.F. Richardson, *Chemical engineering. Vol. 2, Unit operations*, Pergamon, Oxford, 1968.

E.E. Ludwig, *Applied process design for chemical and petrochemical plants*, Gulf Publ., Houston, 1977.

D.Q. Kern, *Process heat transfer*, McGraw-Hill, New York, 1950.

ESAME

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

C2602 Impianti chimici 2

Anno: 5 Periodo: I

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali); 72+48 (nell'intero periodo)

Docente: Vito Specchia (collab.: Giorgio Rovero, Guido Sassi, Guido Saracco)

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

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

ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

Poichè gli argomenti trattati a lezione sono contenuti in più di un testo, si consiglia l'uso delle fotocopie messe a disposizione all'inizio delle lezioni, integrate con gli appunti presi durante le lezioni stesse. Quale testo di consultazione per l'acquisizione di dati chimico-fisici e di correlazioni utili per la progettazione degli impianti si consiglia l'uso del manuale:

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

ESAME

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

C3040 Istituzioni di economia

Anno: 4

Periodo: 2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 60+40 (nell'intero periodo)

Docente: **Loretta Rosso**

PROGRAMMA

Gli strumenti per l'analisi del sistema economico (indici, modelli, *input-output*, contabilità nazionale).

Cenni di storia dell'analisi economica; crescita e sviluppo dei sistemi economici.

Elementi di microeconomia: i comportamenti degli operatori; la formazione dei prezzi; l'impresa e le decisioni produttive; i mercati dei fattori produttivi; le forme di mercato: mercati concorrenziali e mercati non concorrenziali.

Elementi di macroeconomia: macroeconomia di piena occupazione; macroeconomia con disoccupazione; il ruolo dello Stato e la politica economica: teorie keynesiane e sviluppi recenti.

C7291 Fenomeni di trasporto I

Anno: 3 Periodo:2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 65+52+4 (nell'intero periodo)

Docente: Giancarlo Baldi

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

REQUISITI

Termodinamica per l'ingegneria chimica, i corsi di analisi matematica.

PROGRAMMA

- Bilancio macroscopico di materia, energia e quantità di moto per sistemi aperti e con trasporto convettivo; richiami di termodinamica.
- *Fluidostatica*: la pressione come variabile scalare; variazione di pressione per forze di campo; variazione di pressione in sistemi multifasi; spinta su superfici.
- *Trasporto molecolare*: interpretazione dei fenomeni di trasporto per mezzo della teoria cinetica dei gas; equazioni costitutive per il trasporto di materia, calore e quantità di moto; cenni ai fluidi non newtoniani.
- *Trasporto di quantità di moto*: viscosità di liquidi e gas; equazione di continuità; equazione di variazione della quantità di moto; tensore degli sforzi; equazioni di Navier-Stokes e Eulero; strato limite.
- *Trasporto di energia*: conducibilità termica di gas, liquidi e solidi; equazione di variazione dell'energia in sistemi omogenei; equazioni di variazione dell'energia termica e meccanica; strato limite termico; convezione naturale.
- *Trasporto di materia*: diffusività in gas, liquidi e solidi porosi; moto d'insieme e moto diffusivo; equazione di variazione di materia per sistemi a due componenti; trattazione di problemi semplici di diffusione con e senza reazione chimica; cenni ai sistemi a multicomponenti.
- *Fenomenologia della turbolenza*: instabilità turbolenta; variabili fluttuanti; tensore degli sforzi di Reynolds; viscosità turbolenta; profili di velocità in tubi circolari; fattore di attrito e fattore di forma; velocità di caduta libera di un grave; equazioni di variazione di energia e materia in flusso turbolento; diffusività turbolenta.
- *Trasporto all'interfaccia*: coefficienti di scambio di proprietà; analogie tra i diversi trasporti di proprietà; ipotesi dell'equilibrio termodinamico all'interfaccia; scambio tra più fasi; resistenze in serie e resistenze controllanti.
- *Trasporto attraverso membrane*.
- *Cinetiche di cambiamento di fase*: evaporazione, condensazione, cristallizzazione.

ESERCITAZIONI

Consistono nell'applicazione alla risoluzione di problemi semplici dei concetti sviluppati a lezione.

LABORATORIO

Determinazione di perdite di carico per attrito in tubi e valvole.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

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

Testo per approfondimenti:

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

ESAME

L'esame consiste di una prova scritta e una prova orale, svolte nello stesso appello; possono accedere alla prova orale gli allievi che hanno avuto una valutazione di almeno 15/30 nella prova scritta.

C3110 **Macchine**

Anno: 4 Periodo:1

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali); 78+52 (nell'intero periodo)

Docente: **Matteo Andriano**

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

REQUISITI

Sono necessari i concetti di termodinamica contenuti nel corso di *Termodinamica dell'ingegneria chimica* o di *Fisica tecnica* (a seconda del corso di laurea), e di meccanica contenuti nel corso di *Elementi di meccanica teorica ed applicata*.

PROGRAMMA

Introduzione. Considerazioni generali sulle macchine motrici ed operatrici a fluido. Classificazioni. Richiami di termodinamica. Le turbomacchine: principi fluidodinamici e termodinamici. Studio delle trasformazioni ideali e reali nei condotti. [10 ore]

Cicli e schemi di impianti a vapore semplici e rigenerativi, ricupero per produzione di energia e calore, ad accumulo. [6 ore]

Le turbine; le turbine a vapore semplici e multiple, assiali e radiali; regolazione; problemi meccanici e costruttivi tipici; le tenute. La condensazione. Possibilità e mezzi. Condensatori. [14 ore]

Compressori di gas. I turbocompressori; studio dei funzionamenti e diagrammi caratteristici. Problemi di installazione; regolazione. I ventilatori. [12 ore]

I compressori volumetrici alternativi e rotativi; studio del funzionamento; regolazione; campo di impiego. [8 ore]

Le turbine a gas. Cicli termodinamici semplici e complessi. Organizzazione meccanica e regolazione. [8 ore]

Le macchine idrauliche. Cenno alle turbine. Le pompe centrifughe. Campi di impiego. Caratteristiche di funzionamento; problemi di scelta e di installazione. La cavitazione. Le pompe volumetriche; campi di impiego; problemi di installazione. [8 ore]

I motori alternativi a combustione interna. Cicli termodinamici. Studio del funzionamento dei motori ad accensione comandata e ad accensione per compressione. La combustione. La dosatura. Le combustioni anomale; le caratteristiche dei combustibili. La regolazione. [12 ore]

ESERCITAZIONI

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

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

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

Esercizi sulle turbine assiali e radiali, semplici e multiple. Esercizi sulla regolazione degli impianti a vapore a condensazione ed a ricupero, e calcoli sui condensatori. Esercizi sui turbocompressori: utilizzazione dei concetti di similitudine; calcoli e scelte per la regolazione.

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

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

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

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

BIBLIOGRAFIA

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

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

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

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

ESAME

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

C3990 Principi di ingegneria chimica

Anno: 4

Periodo: I

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali); 72+40+8 (nell'intero periodo)

Docente: **Silvio Sicardi**

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

PROGRAMMA

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

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

Cenni a condizioni di funzionamento non stazionario.

Modelli fluidodinamici. [6 ore]

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

Reattori chimici ideali omogenei. [10 ore]

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

Reattori chimici reali omogenei. [8 ore]

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

Reattori chimici eterogenei. [10 ore]

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

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

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

ESERCITAZIONI

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

LABORATORIO

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

BIBLIOGRAFIA

G. Biardi, S. Pierucci, *Operazioni unitarie di impianti chimici*, CLUP, Milano.
K.K. Westerterp [et al.], *Chemical reactor design and operation*.

ESAME

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

C4600 Scienza delle costruzioni

Anno: 3 Periodo: I Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4+2 (*ore settimanali*)

Docente: **Franco Algostino** (collab.: Giorgio Faraggiana, Guglielmo Guglielmi)

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

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

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Richiami di statica e geometria delle aree. [4 ore]

Analisi dello stato di deformazione. [4 ore]

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

Analisi dello stato di tensione. [6 ore]

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

Equazione dei lavori virtuali. [6 ore]

Applicazione al corpo deformabile.

Leggi costitutive del materiale. [4 ore]

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

Teoremi energetici. [4 ore]

Lavoro di deformazione, condizioni di minimo.

Il Solido di Saint Venant. [10 ore]

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

Travi e travature. [8 ore]

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

Fenomeni di instabilità. [4 ore]

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

ESERCITAZIONI

1. Equilibrio di sistemi di forze. [2 ore]

2. Geometria delle aree. [2 ore]

3. Vincoli nel piano e nello spazio. [2 ore]

4. Travature reticolari piane. [4 ore]
5. Travature piane isostatiche grado di vincolo, reazioni vincolari, diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione, calcolo di spostamenti. [10 ore]
6. Travature piane iperstatiche. [10 ore]
7. Lenea elastica di travi diritte. [4 ore]
8. Flessione deviata: determinazione dell'asse neutro e delle tensioni. [4 ore]
9. Taglio: determinazione del centro di taglio. [4 ore]
10. Torsione: determinazione delle tensioni e della deformazione per sezione chiusa e aperta. [4 ore]
11. Instabilità: l'asta caricata di punta con diverse condizioni di vincolo in regime elastico e plastico. [4 ore]

LABORATORIO

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

BIBLIOGRAFIA

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

ESAME

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

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

C5570 Tecnologia dei materiali e chimica applicata

Anno: 2 Periodo:2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (*ore settimanali*); 78+26 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Pietro Appendino** (collab.: Enrica Vernè)

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Acque. [5 ore]

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

Combustibili. [9 ore]

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

Proprietà generali dei solidi. [7 ore]

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

Diagrammi di stato binari. [7 ore]

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

Materiali ceramici. [7 ore]

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

Materiali leganti. [7 ore]

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

Materiali ferrosi. [16 ore]

Produzione della ghisa e dell'acciaio; colata dell'acciaio; diagramma di stato ferro-cementite e ferro-grafite. Trattamenti termici sugli acciai: ricottura, normalizzazione, tempra e rinvenimento.

Trattamenti superficiali. Ghise grigie, sferoidali, malleabili, bianche. Processi di fabbricazione di componenti realizzati con materiali ferrosi.

Acciai strutturali, per utensili, per valvole, per temperature elevate, per applicazioni speciali. Acciai inossidabili ferritici, austenitici, martensitici e bifasici; le principali forme di corrosione uniforme e localizzata.

Altri materiali metallici. [8 ore]

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

Saldature e giunzioni di materiali metallici. [2 ore]

Materiali polimerici. [8 ore]

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

Materiali compositi. [2 ore]

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

ESERCITAZIONI

1. Calcoli sulla determinazione della durezza temporanea, permanente e totale e sul consumo di reattivi del tipo della calce-soda o del fosfato trisodico per abbatterla. [3 ore]
2. Calcoli sul potere calorifico superiore e inferiore dei combustibili, sulla composizione e volume dei fumi, sull'aria teorica di combustione, sulle perdite al camino e sul potenziale termico. [6 ore]
3. Calcoli sui moduli idraulico, calcareo, silicico, dei fondenti del cemento Portland e calcoli sulla sua composizione mineralogica; norme sui leganti. [3 ore]
4. Proprietà termiche dei materiali: coefficiente di dilatazione termica, conducibilità termica, resistenza agli sbalzi termici. [2 ore]
5. Proprietà meccaniche dei materiali: comportamento rispetto a sollecitazioni a trazione, a compressione, a fatica; durezza; fragilità e tenacità dei materiali; influenza della temperatura sulle proprietà. [6 ore]

LABORATORIO

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

1. Prove di determinazione delle caratteristiche delle acque e di alcune proprietà di combustibili e lubrificanti. [2 ore]
2. Prove di determinazione di alcune proprietà meccaniche dei materiali. [2 ore]
3. Esame microscopico di strutture metallografiche. [2 ore]

BIBLIOGRAFIA

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

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

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

ESAME

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

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

C5850 Teoria dello sviluppo dei processi chimici

Anno: 4 Periodo:1

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali); 42+42 (nell'intero periodo)

Docente: **Antonello Barresi**

Vengono illustrati i criteri e la metodologia per lo sviluppo di un processo, mediante l'individuazione e l'analisi tecnica ed economica delle diverse alternative. Viene analizzata approfonditamente in particolare la prima fase del progetto, quella del *conceptual design*, che conduce alla stesura dello schema di processo. Sono anche trattati i metodi per lo studio e la quantificazione degli schemi di processo mediante le tecniche dell'analisi dei sistemi, e per l'individuazione delle possibilità e opportunità di modifiche e miglioramenti dello schema stesso, e dell'incentivo economico connesso. Vengono infine trattate le tecniche per la valutazione della redditività dei processi con cenni sui metodi di ottimazione.

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Introduzione. [10 ore]

Aspetti creativi del *process design*. Sviluppo di nuovi processi.

Procedura di sviluppo della progettazione tecnologica. Tipi di stime progettuali e loro costo.

Schemi di principio, schemi quantificati schemi tecnologici.

Confronto di processi e considerazioni generali di progetto. Cenni di ottimazione.

La tecnica del PERT.

Analisi dei costi e valutazione di redditività. [12 ore]

Analisi dei costi: flusso di denaro e produttività critica; costo totale di investimento e ammortamento.

Redditività di un capitale investito. Criteri di redditività.

Analisi decisionali.

Valutazione dei costi di capitale fisso. Metodi *short cut*; metodi di Zevnik e Buchanan, Allen e Page, Taylor; metodi di Lang, Chilton; Miller; metodo di Guthrie.

Confronto dei metodi e stima del capitale circolante.

Stima dei costi nell'industria di processo.

Struttura dei costi.

Sviluppo del conceptual design e valutazione del potenziale economico. [12 ore]

Approccio gerarchico al *conceptual design*.

Sviluppo del *conceptual design* e tracciamento del *flow sheet* migliore: analisi di un *case study* relativo ad un processo petrolchimico:

- informazioni iniziali; scelta fra processo continuo e processo *batch*;
- struttura *input-output* del *flowsheet*; variabili di progetto, bilancio globale di materia, costo dei flussi, alternative di processo;
- struttura del ricircolo;

- sistemi di separazione (in fase vapore e in fase liquida);
- integrazione energetica

Diagrammi di costo e *screening* delle alternative.

Estensione della metodologia del *conceptual design* a processi diversi da quelli petrolchimici.

Ottimizzazione preliminare del processo. Modelli di costo.

Analisi della operabilità e della controllabilità del sistema.

Quantificazione degli schemi di flusso e analisi dei sistemi. [8 ore]

Metodo dei grafi. Valutazione dei gradi di libertà.

Uso delle matrici di sostituzione.

Cenni sull'uso del CAD.

ESERCITAZIONI

Il corso si sviluppa con lezioni ed una serie di esercitazioni guidate nelle quali viene sviluppato lo studio di fattibilità di un impianto petrolchimico esemplificando e applicando gli aspetti teorici svolti a lezione. Nella seconda parte del corso gli studenti sviluppano e analizzano a piccoli gruppi diverse alternative, utilizzando il laboratorio informatico.

Design preliminare di un processo. Stesura dei report formali e informali. Ottimizzazione.

Valutazione del costo di impianto e redditività del processo. Gestione dei grafi. [8 ore]

Sviluppo del *conceptual design* del processo HDA; valutazione del potenziale economico e scelta delle alternative. [16 ore]

Esercitazione a gruppi al laboratorio informatico, con studio di fattibilità di un processo e stesura dello schema di processo semplificato. [20 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

J.M. Douglas, *Conceptual design of chemical processes*, McGraw-Hill, Singapore, 88.

Dispense ed altro materiale fornito dal docente.

Testi ausiliari:

M.S. Peters, K.D. Timmerhaus, *Plant design and economics for chemical engineers*, McGraw-Hill, New York, 1968.

A. Monte, *Elementi di impianti industriali. Vol. 1.*, Cortina, Torino, 1982.

F.C. Jelen, *Cost and optimization engineering*, McGraw-Hill, New York, 1970.

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

W. Neri, *Progettazione e sviluppo degli impianti chimici. Vol. 1.*, Vallecchi, Firenze, 70.

R.K. Sinnott, *Chemical engineering design*. In: Coulson & Richardson, *Chemical engineering*, 2nd ed., Pergamon, Oxford, 1993.

ESAME

Esame orale; la relazione presentata viene discussa in sede d'esame e concorre alla valutazione finale.

C5970 Termodinamica dell'ingegneria chimica

Anno: 3 Periodo: 1

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (*ore settimanali*); 75+30 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Mario Maja** (collab.: Marco Vanni)

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Termodinamica generale. [10 ore]

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

Termochimica. [4 ore]

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

Sistemi omogenei quasi perfetti. [10 ore]

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

Applicazioni a casi pratici. [7 ore]

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

La termodinamica molecolare. [5 ore]

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

Sistemi reali. [6 ore]

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

Sistemi plurifasici. [6 ore]

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

Sistemi dispersi. [8 ore]

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

Le interfasi elettrizzate. [6 ore]

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

Termodinamica elettrochimica. [8 ore]

I potenziali di elettrodo, loro misura, i potenziali di membrana, i potenziali di diffusione, i diagrammi $pH-V$, gli elettrodi ad ossidi non stechiometrici.

Conversione dell'energia. [6 ore]

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

ESERCITAZIONI

Verranno svolti, richiamando la teoria, esercizi di applicazione delle equazioni dedotte durante il corso e verranno assegnate tre esercitazioni di calcolo riguardanti:

1. Il bilancio energetico di un accumulatore Pb-acido.
2. La riduzione degli ossidi di ferro.
3. I diagrammi di stato per sistemi bifasici liquido-vapore nel caso di componenti ideali e reali.

BIBLIOGRAFIA

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

P.W. Atkins, *Chimica fisica*, Zanichelli.

M.W. Zemansky, *Termodinamica per ingegneri*, Zanichelli.

ESAME

L'esame è costituito da una prova scritta e da una orale. La prova scritta è costituita da alcuni esercizi simili a quelli svolti durante le esercitazioni. Per essere ammessi alla prova orale è necessario avere superato quella scritta.

Programmi degli insegnamenti d'orientamento

C0590 Catalisi industriale

Anno: 5 Periodo: 2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6 (*ore settimanali*); 80+8 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Antonio Iannibello**

La catalisi deve essere considerata una disciplina che coerentemente correla struttura chimica e reattività, cinetica chimica e fenomeni di trasporto.

Nei cicli di produzione di beni di largo consumo lo stadio catalitico rappresenta nella maggior parte dei casi la chiave di accesso all'efficienza della trasformazione chimica, che oggi si traduce anche in termini di difesa dell'ambiente.

Il corso si propone di fornire una esauriente introduzione alle problematiche associate a ricerca e sviluppo di processi catalitici "dal laboratorio all'impianto industriale". Vengono infine prese in esame le applicazioni industriali importanti inclusi i processi catalitici per l'abbattimento di emissioni nocive.

PROGRAMMA

Introduzione ai concetti di base. [8 ore]

Catalisi industriale. Definizioni. Termodinamica ed energetica, "cammini di reazione", generalità, classificazione e selezione dei catalizzatori.

Adsorbimento. [6 ore]

Caratterizzazione dei tipi di adsorbimento. Isoterme di adsorbimento fisico. Calore di adsorbimento. Modelli di isoterme di adsorbimento.

Velocità e modelli cinetici delle reazioni catalitiche eterogenee. [12 ore]

Correlazioni empiriche. Modelli cinetici formali: modello di Langmuir-Hinshelwood, modello di Rideal. Energia di attivazione apparente, dipendenza della velocità della reazione catalizzata eterogenea dalla temperatura. Alcuni usi e limitazioni dei modelli cinetici.

Avvelenamento e Periodo di induzione.

Preparazione e produzione di catalizzatori. [4 ore]

Generalità. Metodi di precipitazione, impregnazione. Supporti catalitici.

Caratterizzazione chimico-fisica della superficie solida. [12 ore]

Misura dell'area superficiale specifica. Area superficiale per chemiadsorbimento selettivo. Volume dei pori e loro distribuzione in funzione del raggio. Metodi strumentali di caratterizzazione.

Determinazione della funzionalità catalitica di una superficie solida. [10 ore]

Reattori di laboratorio: reattore a pulso, reattori *batch* e semi-*batch*, reattori tubolari

integrali/differenziali, reattori con ricircolo esterno/interno (*gradientless reactors*), reattori a letto fluidizzato.

Distribuzione dei tempi di permanenza nei vari tipi di reattore. [10 ore]

Trasferimento di massa e di calore in catalisi eterogenea. Metodi sperimentali e criteri teorici per la determinazione dei regimi di reazione.

Scelta delle condizioni sperimentali nella misura dell'attività catalitica. [6 ore]

Test esplorativi e prove di ottimizzazione del catalizzatore.

Catalizzatori. Metalli supportati [14 ore]

Catalisi acida, zeoliti. Ossidazione catalitica. La catalisi nel controllo delle emissioni nocive dei processi di combustione. Catalisi omogenea, generalità. Catalisi enzimatica.

LABORATORIO

L'esercitazione si articolerà in due esperimenti:

1. determinazione della funzionalità catalitica di una superficie solida con l'impiego di un microreattore a pulso;
2. misura dell'attività catalitica di un catalizzatore acido nella reazione di disidratazione del propanolo-2.

BIBLIOGRAFIA

Appunti dalle lezioni del corso.

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

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

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

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

ESAME

È prevista una prova orale che si articolerà in domande su argomenti del programma. A discrezione del candidato l'esame orale sarà integrato dalla presentazione di una approfondita relazione scritta su temi di catalisi preventivamente (durante il corso) approvati dal docente.

C0910 Corrosione e protezione dei materiali metallici

Anno: 5 Periodo: 2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+1 (*ore settimanali*); 70+10 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Mario Maja** (collab.: Nerino Penazzi)

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Introduzione. [8 ore]

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

Termodinamica elettrochimica. [8 ore]

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

Cinetica elettrochimica. [10 ore]

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

La isopolarizzazione dei metalli. [5 ore]

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

Coppie galvaniche in CC. [6 ore]

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

La morfologia della corrosione. [12 ore]

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

Materiali ed ambiente. [5 ore]

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

Prevenzione e protezione. [6 ore]

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

Prove di corrosione. [5 ore]

Prove in camera a nebbia salina, prove elettrochimiche.

La corrosione a secco. [5 ore]

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

ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

- G. Bianchi, F. Mazza, *Corrosione e protezione dei metalli*, Masson.
D.A. Jonnes, *Principles and prevention of corrosion*, McMillan.

R1220 **Dinamica degli inquinanti**

Anno: 5 Periodo: 2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2 (*ore settimanali*)
 Docente: **Giuseppe Genon**

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

PROGRAMMA

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

ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

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

C1300 **Dinamica e controllo dei processi chimici**

Anno: 4-5 Periodo: 2

Lezioni, esercitazioni: 54+26; [laboratorio 4] 4/2 (ore settimanali)

Docente: *da nominare* (tenuto nel 1996/97 da **Marco Vanni**)

Il corso ha lo scopo di fornire all'allievo ingegnere i principi fondamentali necessari per affrontare i problemi di regolazione dei processi e degli impianti chimici. Il corso si rivolge sia all'ingegnere di processo, che deve gestire l'impianto ed il suo sistema di regolazione, sia al progettista, che deve essere in grado di analizzare un impianto esistente e modificare il sistema di controllo o di sviluppare il progetto fino alla stesura dello schema di marcia dell'impianto (P&ID). Gli aspetti di simulazione del processo e delle apparecchiature chimiche sono sviluppati nell'ottica del controllo del processo stesso, finalizzati alla scelta dei parametri ottimali del sistema di controllo o allo sviluppo di sistemi di controllo avanzati di tipi feed-forward o inferenziale. Il corso si articola in lezioni in aula, in alcune esercitazioni in aula ed in esercitazioni individuali o in piccoli gruppi condotte presso il laboratorio informatico usando un codice di simulazione.

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Introduzione [2 ore]

Obiettivi del controllo, componenti del sistema di controllo.

Simulazione e dinamica dei processi chimici [14 ore]

Trasformate di Laplace.

Simulazione del comportamento statico e dinamico dei processi chimici.

Simulazione per il controllo. Linearizzazione, diagrammi a blocchi.

Funzioni di trasferimento e modelli input-output.

Comportamento dinamico di sistemi di ordine 1, 2 e superiore.

Analisi e progetto dei sistemi feedback [8 ore]

Controllo feedback e comportamento dinamico dei sistemi feedback.

Effetto del controllo P, PI e PID sulla dinamica dei sistemi feedback.

Analisi di stabilità dei sistemi feedback.

Progetto di controllori feedback. Criteri di prestazione, scelta del controllore, tuning.

Analisi della risposta in frequenza

Progetto di controllori feedback con tecniche di risposta in frequenza

Analisi e progetto di sistemi di controllo avanzati [6 ore]

Compensazione del tempo morto. Sistemi con risposta inversa e sistemi a cicli multipli.

Feedforward e ratio control.

Controllo adattivo e deduttivo.

Sistemi di controllo multivariabile [6 ore]

Configurazioni M.I.M.O.

Interazione e disaccoppiamento

Progetto del sistema di controllo di un impianto [12 ore]

Sistemi di misura.

Uso dei PLC.

Discussione di esempi applicativi relativi al controllo delle principali operazioni unitarie

Notazione P&ID

Tracciamento e lettura del P&ID per un caso reale

Cenni sul progetto di sistemi di controllo digitali [6 ore]

ESERCITAZIONI

Esercitazioni in aula [8 ore]

Soluzione di equazioni differenziali con trasformate di Laplace. Sviluppo di schemi a blocchi.

Esercitazioni al laboratorio informatico [18 ore]

Utilizzando un codice di simulazione (Matlab + Simulink) gli studenti possono analizzare il comportamento dinamico di sistemi al variare dei parametri caratteristici del sistema stesso e del controllore. In questo modo, al termine di ogni settimana, gli studenti possono applicare, attraverso lo studio del sistema di controllo di una semplice apparecchiatura, i concetti e le tecniche trattate nelle precedenti lezioni.

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

Esercitazioni sperimentali di laboratorio [4 ore]

Valutazione sperimentale di PRC in un impianto.

(fatta salva la disponibilità del laboratorio e la disponibilità dei servizi)

BIBLIOGRAFIA

G. Stephanopoulos, *Chemical Process Control*. Prentice Hall, 1984

integrato da materiale fornito dal docente

ESAME

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

R1360 Disciplina giuridica delle attività tecnico ingegneristiche

Anno: 5 Periodo: I

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+1 (ore settimanali); 52+10 (nell'intero periodo)

Docente: **Luciano Orusa**

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

PROGRAMMA

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

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

ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

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

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

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

CA400 Elettrochimica applicata

Anno: 5 Periodo: I

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali); 72+10+30 (nell'intero periodo)

Docente: **Paolo Spinelli**

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

I sistemi elettrochimici. [4 ore]

Generatori elettrochimici (pile e accumulatori), elettrolizzatori, definizioni e convenzioni.

Stechiometria delle reazioni elettrochimiche. [6 ore]

Leggi di Faraday, bilancio energetico dei sistemi elettrochimici, rendimento di corrente e rendimento energetico, strumenti per la misura della quantità di elettricità.

Proprietà degli elettroliti. [12 ore]

Conducibilità degli elettroliti e sua misura, teoria di Arrhenius, teoria di Debye e Huckel, coefficienti di attività degli ioni, numeri di trasporto, elettroliti solidi.

Studio delle reazioni elettrochimiche. [12 ore]

Tensione di celle galvaniche e loro misura, potenziali di diffusione, potenziali di membrana ed elettrodi specifici per gli ioni, elettrodi reversibili semplici e multipli, elettrodo campione ed elettrodi di riferimento, diagrammi potenziale - pH.

Polarizzazione e cinetica dei processi elettrodi. [12 ore]

Elettrodi polarizzabili e corrente residua, doppio strato elettrico, curve caratteristiche corrente-tensione, sovratensione di barriera, di diffusione, di reazione, di cristallizzazione, corrente limite di diffusione, processi anodici, passivazione dei metalli e caratteristiche degli strati passivanti.

Potenziali misti. [8 ore]

Isopolarizzazione, elettrodi sede di più reazioni elettrochimiche, cenni di corrosione dei metalli.

Applicazioni analitiche. [8 ore]

Potenziometria e titolazioni potenziometriche, polarografia, cronopotenziometria, amperometria, coulombometria.

Cenni sulle principali applicazioni industriali. [10 ore]

Principi della raffinazione e della produzione elettrochimica dei metalli, cenni di galvanotecnica, cenni sulla lavorazione elettrochimica dei metalli, generatori elettrochimici, pile, accumulatori, pile a combustibile.

ESERCITAZIONI

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

LABORATORIO

Misura dei potenziali di diffusione. Titolazioni potenziometriche. Polarografia. Polarizzazione degli elettrodi. Curve caratteristiche. Passivazione del Fe, Ni e Pb. Protezione catodica.

BIBLIOGRAFIA

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

L2030 Fisica matematica

Anno: 5 Periodo:1

Lezione, Esercitazione, Laboratorio:4+2+2 (ore settimanali)

Docente: **Nicola Bellomo**

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

Fornire agli studenti le conoscenze fondamentali di modellizzazione matematica per i sistemi dell'ingegneria con particolare attenzione (ma non solo) ai modelli dell'ingegneria elettronica. Quindi illustrare i principi di classificazione dei modelli ed i principi di validazione di questi.

Fornire agli studenti un quadro complessivo dei modelli matematici delle scienze applicate.

Fornire agli studenti i criteri di formulazione matematica dei problemi con particolare attenzione ai problemi al valore iniziale e/o al contorno per equazioni alle derivate parziali.

Fornire agli studenti gli strumenti fondamentali, analitici e computazionali, per la soluzione di problemi nonlineari, diretti ed inversi, generalmente per equazioni alle derivate parziali, relativi all'analisi di modelli delle scienze applicate. L'analisi si rivolge a problemi diretti ed inversi, deterministici e stocastici.

PROGRAMMA

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

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

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

ESERCITAZIONI

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

L'esercitazione comprende la gestione di alcuni programmi scientifici per la soluzione di problemi al valore iniziale ed al contorno. Tali programmi si riferiscono alla applicazione di

metodi di collocazione, alle differenze finite, metodi di decomposizione dei domini e metodi di soluzione di equazioni integrali. L'analisi è generalmente rivolta allo studio di problemi nonlineari.

MATERIALE FORNITO AGLI STUDENTI

Disco con *Files* Programmi Scientifici. I programmi si riferiscono ai seguenti problemi:

1. Problemi di interpolazione e approssimazione superficiali
2. Integrazione numerica sistemi di equazioni alle derivate ordinarie (nonlineari) con metodi espliciti e impliciti
3. Integrazione numerica sistemi di equazione alle derivate parziali (nonlineari) con metodi spettrali e metodi di collocazione
4. Soluzione di alcuni problemi inversi
5. Integrazione di sistemi di equazioni (nonlineari) integro-differenziali

BIBLIOGRAFIA

Appunti delle lezioni in fotocopia

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

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

ESAME

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

C2590 Impianti biochimici

Anno: 5 Periodo: 2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2 (*ore settimanali*); 52+26 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Guido Sassi**

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

REQUISITI

Impianti chimici 1 e 2.

PROGRAMMA

Richiami di biochimica. [6 ore]

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

Bioreattori. [16 ore]

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

Impianti. [16 ore]

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

Recupero di biomolecole. [10 ore]

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

Trattamento degli effluenti. [4 ore]

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

ESERCITAZIONI

Vertono, in massima parte, sullo *scale-up* di un bioprocesso.

BIBLIOGRAFIA

- J.E. Bailey, D.F. Ollis, *Biochemical engineering fundamentals*, McGraw-Hill, 1986.
 M.MooYoung, *Comprehensive biotechnology*. Vol. 2, *Engineering considerations*, Pergamon, 1983.
 Ghester, Oldshue, *Biotechnology processes: scale-up and mixing*, Am. Inst. Chem. Engineers, 1987.

CA450 Impianti dell'industria alimentare

Anno: 5 Periodo: 2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (*ore settimanali*); 48+64 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Romualdo Conti** (collab.: Fulvia Chiampo)

Il corso prende in esame alcune delle più importanti tecnologie dell'industria agroalimentare, evidenziando per i diversi processi produttivi le fasi riconducibili ad operazioni unitarie dell'ingegneria chimica, fornendo elementi di progettazione dei relativi impianti ed illustrando le problematiche connesse con la realizzazione e la gestione degli impianti nel loro insieme. Attenzione viene anche dedicata alla contaminazione chimica degli alimenti ed alla loro conservazione, eventualmente mediante l'uso di additivi chimici.

REQUISITI

Possono essere ritenuti propedeutici i corsi di *Chimica organica*, *Principi di ingegneria chimica* ed *Impianti chimici*, tuttavia l'insieme delle nozioni acquisite nei primi quattro anni consente di seguire proficuamente il corso anche agli allievi dei corsi di laurea in Ingegneria per l'ambiente e il territorio (Indirizzo Ambiente) ed in Ingegneria meccanica (in questo caso è opportuno un incontro preventivo con il docente).

PROGRAMMA

Industria olearia. [12 ore]

Composizione dell'oliva e dell'olio di oliva: classificazione. Impianti per l'estrazione dell'olio di oliva. Impianti per la rettifica dell'olio di oliva. Composizione dei principali semi e degli oli da essi estraibili; legislazione. Impianti per l'estrazione degli oli di semi. Impianti per la rettifica degli oli di semi. Impianti per il recupero delle lecitine. Impianti per l'idrogenazione degli oli e per la preparazione della margarina. Additivi consentiti.

Industria enologica. [9 ore]

Composizione dell'uva e del vino. Produzione del mosto. Impianti per la produzione di mosti muti, mosti concentrati e filtrati dolci. Vinificazione in presenza di vinacce ("in rosso") ed in assenza di vinacce ("in bianco"). Vinificazione intensiva e termovinificazione. Chiarificazione, stabilizzazione ed invecchiamento del vino. Spumantizzazione con i metodi *champenois* e Charmat. Impianti per la distillazione delle vinacce e per il recupero dei tartrati e dei vinaccioli. Impianti per la produzione di "alcol buon gusto". Produzione dell'aceto.

Industria della birra. [6 ore]

Produzione del malto. Produzione delle farine e delle semole. Ammostamento, saccharificazione e decantazione. Luppaggio. Refrigerazione e filtrazione. Fermentazione, maturazione e chiarificazione. Pastorizzazione. Produzione di birre con particolari requisiti. Produzione di birra analcolica.

Industria lattiero-casearia. [6 ore]

Composizione del latte. Impianti per la pastorizzazione e la sterilizzazione del latte (sistemi HTST e UHT). Impianti per la produzione di latte concentrato e di latte in polvere: caratteristiche dei prodotti. Produzione di yogurt, burro e dei principali tipi di formaggio (ceno).

Industria per la lavorazione della frutta. [3 ore]

Impianti per la produzione di succo conservabile e di polpa concentrata. Estrazione e concentrazione degli aromi. Impianti per la produzione di succhi di frutta limpidi e torbidi, di sciroppi e di gelatine di frutta.

Industria dello zucchero. [2 ore]

Processi ed impianti per la preparazione dello zucchero.

Alterazione degli alimenti e tecniche di conservazione. [7 ore]

Cause dell'alterazione delle sostanze alimentari. Tecniche di conservazione basate sulla disidratazione: impianti utilizzanti il calore (concentrazione ed essiccamento), processi a membrana (osmosi diretta ed inversa ed ultrafiltrazione) ed il freddo (crioconcentrazione e liofilizzazione). Tecniche di conservazione dell'alimento tal quale basate sul calore e sul freddo; cenno ai principali impianti. Conservanti chimici.

Altri additivi chimici. [3 ore]

Emulsionanti, addensanti, gelificanti, stabilizzanti, esaltatori di sapidità, acidificanti, antischiumogeni, antiagglomeranti di polveri, agenti di rivestimento, coloranti, ecc.. Legislazione.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni del corso sono divise in due parti. La prima (44 ore), da svolgersi in aula, prevede l'esecuzione del progetto di massima di un impianto dell'industria alimentare, completato con uno studio della sua disposizione da realizzarsi, eventualmente, mediante l'impiego del calcolatore (per cui è disponibile il necessario *software*: è indispensabile la conoscenza del CAD). L'esercitazione è svolta da squadre di 3-4 studenti. La seconda (4-5 mezza giornate) prevede la visita a stabilimenti produttivi. La visita può essere preceduta da una presentazione da parte di personale dello stabilimento.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

P. Cappelli, V. Vannucchi, *Chimica degli alimenti: conservazione e trasformazioni*, Zanichelli, Bologna, 1990.

Testi ausiliari:

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

G. Quaglia, *Scienza e tecnologia degli alimenti*, Chirioti, Pinerolo, 1992.

ESAME

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

C2661 Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 1

Anno: 4

Periodo:1

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2 (ore settimanali)

Docente: **Fulvia Chiampo**

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

PROGRAMMA

Inquinamento dell'aria

Principali classi di inquinanti. Legislazione relativa all'inquinamento atmosferico. Inquinamento atmosferico in ambienti di lavoro. Inquinamento da odori e tecnologie di trattamento. Biofiltri. [4 ore]

Apparecchiature per la depolverazione a secco: camere a gravità, separatori ad urto e inerziali, cicloni, separatori dinamici, filtri a maniche, separatori elettrostatici. [6 ore]

Apparecchiature per la depolverazione ad umido: cicloni, camere a *spray*, torri a riempimento, lavatori a Venturi e ad eiettore. [4 ore]

Apparecchiature per la separazione del particolato liquido, di gas e di vapori. [4 ore]

Incenerimento diretto, termico, catalitico. [2 ore]

Processi per la rimozione di NO_x e SO_x . [4 ore]

Microinquinanti organici clorurati. [2 ore]

Smaltimento dei rifiuti solidi

Legislazione vigente. Inceneritori per rifiuti solidi urbani e industriali. Pirolisi. [6 ore]

Discariche controllate. Produzione di biogas e di percolato da discariche per RSU. [6 ore]

Trattamenti di stabilizzazione-solidificazione per rifiuti tossico-nocivi. [2 ore]

Compostaggio. Apparecchiature per il trattamento dei rifiuti solidi: trituratori, separatori, trasportatori. [4 ore]

Riciclaggio e recupero di RSU: carta e cartone, vetro, alluminio, plastica, materiali metallici, pneumatici. Produzione di RDF. [8 ore]

Bonifiche di siti contaminati. Valutazione di Impatto Ambientale. [6 ore]

ESERCITAZIONI

Calcoli relativi al dimensionamento di apparecchiature per il trattamento degli effluenti inquinanti gassosi. [8 ore]

Calcolo di un camino. [4 ore]

Calcolo relativo ad una discarica per RSU (durata, produzione di biogas, produzione di percolato, etc.). [4 ore]

Sono previste visite presso discariche consortili per RSU, impianti di compostaggio, impianti per il trattamento di rifiuti solidi industriali. Tali visite sono parte integrante del corso.

C2662 Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 2

Anno: 5

Periodo: 2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (*ore settimanali*); 50+50 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Vito Specchia**

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

PROGRAMMA

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

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

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

Produzione di acqua per uso idropotabile. [2 ore]

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

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

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

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

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

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

digestione anaerobica. [4 ore]

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

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

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

ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

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

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

Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*, McGraw-Hill Int. Eds. Civil Eng. Series, 3rd Edition, 1991

ESAME

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

RA160 Ingegneria della sicurezza antincendio

Anno: 5 Periodo:2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 55+20+5 (*ore nell'intero*

periodo)

Docente: **Giulio Gecchele** (collaboratore: Marina Clerico)

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

– *Dinamica dell'incendio*

Aspetti di chimica della combustione. Scambio termico e fluidodinamica. Limiti di infiammabilità e fiamme premiscelate. Fiamme di diffusione e pennacchio di fuoco. Combustione stazionaria di combustibili liquidi e solidi. Accensione di combustibili solidi. Sviluppo e propagazione di fiamma e di fuoco. Comportamento dell'incendio in spazi confinati nei diversi stadi di preflashover, flashover, postflashover e decadimento.

– *Aspetti generali della prevenzione antincendio*

Danni all'uomo. Principali cause di rischio d'incendio e rimedi generali organizzativi. Normative antincendio. Analisi qualitativa e quantitativa. Definizione di rischio e calcolo del carico d'incendio anche su basi statistiche. Definizione di prevenzione, protezione passiva ed attiva, sicurezza primaria e secondaria. Criteri di prevenzione in s.s. (riduzione della probabilità di sviluppo e potenza d'incendio), di protezione passiva (caratteristiche di progettazione per la salvaguardia delle persone ed il contenimento dei danni ad incendio sviluppato) e di protezione attiva (sistemi di intervento sull'incendio, rilevazione ed estinzione).

– *Protezione passiva nelle costruzioni*

Caratteristiche strutturali come da normative, comportamenti al fuoco dei materiali (definizione di incendi standard, reazione e resistenza).

Compartimentazione: confinamento del carico d'incendio, distanze di sicurezza, filtri, strutture tagliafuoco. Vie di esodo: corridoi, scale, ascensori.

– *Prevenzione incendi nell'industria*

Fattori ordinari di rischio di incendio nell'industria

Prevenzione antincendio nell'industria sia come adeguamento ai dettami di sicurezza negli ambienti di lavoro, sia come tutela verso terzi. Certificato di prevenzione incendi CPI.

– *Incendi in sotterraneo*

Sviluppo e propagazione di incendi in luoghi confinati sotterranei ed interazione con la

ventilazione. Aspetti specifici di normativa, criteri di salvaguardia delle persone e metodologie di intervento in luoghi quali tunnel stradali o ferroviari, stazioni metropolitane, parcheggi, magazzini, negozi, luoghi di spettacolo, miniere.

ESERCITAZIONI

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

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

LABORATORI

Sono previsti lavori di modellizzazione al calcolatore.

BIBLIOGRAFIA

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

ESAME

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

C3420 Metallurgia

Anno: 3

Periodo:2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali); 75+20 (nell'intero periodo)

Docente: **Bruno De Benedetti** (collab.: Giovanni Maizza)

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

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

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

PROGRAMMA

Processi di fabbricazione. [8 ore]

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

Trattamenti termici massivi. [8 ore]

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

Trattamenti termici superficiali. [12 ore]

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

Classificazione degli acciai. [12 ore]

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

Acciai inossidabili. [14 ore]

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

Leghe da getto ferrose. [6 ore]

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

Leghe da getto non-ferrose. [10 ore]

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

Leghe metalliche per impieghi particolari. [6 ore]

Materiali per applicazioni elettriche, magnetiche, aeronautiche, bioingegneristiche.

ESERCITAZIONI

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

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

LABORATORIO

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

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

BIBLIOGRAFIA

Gli argomenti trattati nel corso sono sviluppati in:

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

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

ESAME

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

C3430 Metallurgia fisica

Anno: 5 Periodo:2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+2 (ore settimanali); 70+16+6 (nell'intero periodo)

Docente: **Bruno De Benedetti** (collab.: Giovanni Maizza)

Si tratta di una disciplina, didatticamente autonoma, propedeutica fondamentale per l'indirizzo metallurgico del corso di laurea in Ingegneria chimica e per l'indirizzo metallurgico del corso di laurea in Ingegneria meccanica.

Tratta di struttura, proprietà, comportamento fisico-meccanico dei metalli, argomento appena sfiorati nei due corsi paralleli a carattere tecnologico e strettamente applicativo di *Tecnologia dei materiali metallici* e di *Metallurgia*.

REQUISITI

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

PROGRAMMA

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

ESERCITAZIONI

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

LABORATORIO

Partecipazione a misure diffrattometriche su apparecchiature a goniometro verticale e orizzontale. [6 ore]

BIBLIOGRAFIA

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

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

ESAME

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

C3980 Principi di ingegneria biochimica

Anno: 4 Periodo:1

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2 (*ore settimanali*); 52+26 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Bernardo Ruggeri**

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

REQUISITI

Principi di ingegneria chimica 1 e 2, Calcolo numerico.

PROGRAMMA

Biologia. [14 ore]

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

Termodinamica. [10 ore]

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

Cinetica. [14 ore]

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

Bioreattoristica. [10 ore]

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

Principi dei biorecuperi. [4 ore]

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

ESERCITAZIONI

Esercizi di calcolo concernenti gli argomenti teorici trattati.

BIBLIOGRAFIA

Appunti dalle lezioni.

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

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

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

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

C7292 Fenomeni di trasporto II

Anno: 5 Periodo: I

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 2+3 (ore settimanali); 55+30 (nell'intero periodo)

Docente: Giancarlo Baldi

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

- *Equazioni di bilancio*: richiamo delle equazioni di bilancio per fluidi omogenei; bilancio di sostanze ioniche e di elementi; bilancio di energia in sistemi a multicomponenti; bilanci mediati sul volume; bilanci di popolazione.
- *Trasporto di materia in sistemi a molti componenti*: bilancio entropico; deduzione delle equazioni costitutive lineari; diffusione in miscele liquide binarie; equazione di Stefan-Maxwell; bilancio all'interfaccia; coefficienti di scambio in presenza di flusso totale consistente; diffusione in *film* di molti componenti: soluzioni approssimate; applicazioni ai casi di assorbimento con reazione chimica e condensazioni di miscele di vapori.
- *Trasporto con interfaccia mobile*: dissoluzione e cristallizzazione; interfaccia mobile tra due fasi a densità molto diversa; liofilizzazione.
- *Trasporto in membrane*: pressione osmotica; operazioni a membrana: osmosi inversa, ultrafiltrazione, microfiltrazione, pervaporazione, separazione di gas; diffusione in membrane: modello dell'adsorbimento-diffusione-desorbimento; polarizzazione di concentrazione; reiezione; separazione di gas: regime di Knudsen, selettività.
- *Introduzione alla turbolenza*: equazione di variazione di quantità di moto in regime laminare; instabilità turbolenta e proprietà fluttuanti; decomposizione di Reynolds; correlazione e non correlazione tra due variabili fluttuanti; tensore degli sforzi di Reynolds; lunghezza di mescolamento; energia cinetica turbolenta; modelli di chiusura delle equazioni di Navier-Stokes; produzione e dissipazione di energia cinetica turbolenta; microscala di Taylor e di Kolmogoroff; spettro di energia; spettro dello scalare e microscala di Batchelor.
- *Fenomeni interfacciali*: natura dell'interfaccia; statica e dinamica dell'interfaccia; termodinamica dell'interfaccia: approccio di Gibbs; interfaccia solido-liquido: doppio stato, potenziale Z, modello DLVO per la stabilità dei colloidi.

ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

Non esiste testo di riferimento.

Testi ausiliari:

D. Rossner, *Transport processes in chemically reacting flow systems*, Butterworths, 1986.

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

A.W. Adamson, *Physical chemistry of surfaces*, Wiley, 1992.

ESAME

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

MA460 Metodi e modelli per il supporto alle decisioni

Anno: 5 Periodo:2

Docente: da nominare

Mettere gli allievi in condizione di:

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

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

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

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

PROGRAMMA

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

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

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

Approcci di studio/modellizzazione di problemi decisionali, in relazione con diverse scuole che hanno prodotto modelli organizzativi. Attori e ruoli. Decisori. Decisione e processo decisionale. Alcuni paradigmi per l'analisi e la rappresentazione di processi decisionali

(*decision making*) nei contesti aziendali: paradigmi razionalista, cognitivista, politico-organizzativo. Rappresentazioni di processi individuali: Simon ed i suoi critici; Olsen & March; Mintzeberg *et al.* Tipi di problemi e di processi. Rappresentazioni di processi multiattoriali nelle aziende (Cyvert & March; Witte). Reti di processi in contesti aziendali reali. Gerarchie di processi nell'aiuto alla decisione: processo di riferimento; interazione; processo di modellizzazione (*decision aiding*).

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

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

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

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

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

Concetti base e modelli di rappresentazione di processi di gestione.

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

LABORATORIO

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

BIBLIOGRAFIA

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

ESAME

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

Se l'allievo ha svolto attività di laboratorio, la valutazione finale avverrà sulla seguente base: *il* 50 % del voto è basato sulla elaborazione teorica pratica svolta nel laboratorio (la parte di analisi, concettualizzazione e rappresentazione del problema peserà per il 70 % del voto).

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

M3500 Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici

Anno: 2 Periodo:2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4+2 (ore settimanali); 80+40+2 (nell'intero periodo)

Docente: **Grazia Vicario**

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Probabilità. Definizioni di probabilità e loro applicabilità, nozioni di calcolo combinatorio, regole di calcolo delle probabilità, probabilità a posteriori, la formula di Bayes [8ore + Eserc.]

Distribuzioni. Variabile casuale (discreta e continua), distribuzioni di variabili discrete e continue, principali distribuzioni teoriche, parametri principali relativi a posizione, dispersione, forma, disuguaglianza di Tchebycheff [18ore + Eserc.]

Statistica descrittiva. Concetti di popolazione, campione e metodi di campionamento, distribuzioni sperimentali (classi e rappresentazioni grafiche), misure di tendenza centrale e di dispersione, metodi grafici, GPN e suo impiego diagnostico [6ore + Presentazione di un Package statistico)

Distribuzioni congiunte. Distribuzioni congiunte, covarianza e coefficiente di correlazione, distribuzione normale bidimensionale, somma, prodotto e quoziente di variabili casuali, distribuzione del massimo e del minimo, applicazioni allo studio dell'affidabilità [12ore + Eserc.]

Inferenza statistica. Distribuzioni campionarie, teorema del limite centrale e sue applicazioni ed implicazioni, stima puntuale, stimatori e loro proprietà, intervallo di fiducia e limiti di fiducia per medie, osservazioni a coppie, varianze, proporzioni, basi logiche di un test di ipotesi, tipi di errori e loro controllo, livello e test di significatività, curve caratteristiche operative e loro uso, test riguardanti le medie, le proporzioni, la varianza e confronto fra due o più varianze [14ore + Eserc.]

Analisi della varianza. Analisi della varianza per uno e due fattori controllati. Replicazioni [4ore + Eserc.]

Regressione . Regressione lineare semplice (valutazione di adattamento e variabilità residua), analisi della varianza, osservazioni ripetute, regressione multipla, calcolo con procedimento matriciale, analisi della varianza, correlazione [6ore + Eserc.]

Processi stocastici . Processi di Poisson, cenni alla teoria delle code, catene di Markov; processi markoviani omogenei [10ore + Eserc.]

Cenni sulla Progettazione degli esperimenti . Interdipendenza tra criteri di analisi dei risultati e criteri di pianificazione delle prove, esperimenti fattoriali, effetti principali e interazioni, blocchi e frazionamenti e loro implicazioni [2ore]

BIBLIOGRAFIA

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

Giulia Aschero, Francesco Sagliocco (1997), *Esercizi di Statistica*, CLUT, Torino

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed una orale, che devono essere sostenute nello stesso appello (eccezionalmente nella seconda sessione ordinaria, periodo di valutazione "naturale" per il corso di Metodi Probabilistici, statistici e Processi Stocastici è consentito sostenere la prova scritta e la prova orale in appelli diversi). I candidati che lo desiderino possono optare per un esame esclusivamente basato su una prova scritta: in tal caso il voto finale d'esame non potrà superare i 27/30.

Lo studente che desidera presentarsi alla prova scritta deve prenotarsi, consegnando lo statino presso la Segreteria Didattica del Dipartimento, entro la data che verrà di volta in volta comunicata. Se la prenotazione non viene disdetta, lo studente viene considerato come presente.

Durante le prove scritte lo studente può utilizzare soltanto le macchine calcolatrici; è vietato consultare gli appunti del corso e/o il libro di testo; le tavole, ove necessarie, verranno fornite in aula dalla docente.

Non è consentito uscire dall'aula per nessuna ragione nel corso della prima ora. Se lo studente non si ritira entro la mezz'ora che precede il termine per la consegna della prova scritta, l'esito dell'esame verrà comunque registrato.

L'orale non può essere sostenuto se la prova scritta risulta insufficiente e l'eventuale esito negativo della prova orale comporta la ripetizione della prova scritta in una successiva sessione .

H3770 Modelli per l'organizzazione e la gestione di sistemi

Anno: periodo x:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: **Maria Franca Norese**

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

PROGRAMMA

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

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

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

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

ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

Appunti del corso e documenti distribuiti durante le lezioni.

C4030 Processi biologici industriali

Anno: 5

Periodo: I

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2 (*ore settimanali*); 56+28 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Giuseppe Genon**

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Premesse di microbiologia.

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

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

Ingegneria biochimica.

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

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

Trasferimento di ossigeno in reattori aerati, con agitazione meccanica, operanti con ricircolo. Problemi di agitazione. *Scale-up* delle prestazioni. [10 ore]

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

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

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

Tecnologie applicative.

Produzione di metaboliti primari (etanolo, acidi organici), di enzimi, di antibiotici.

[6 ore]

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

ESERCITAZIONI

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

1. processi metabolici e considerazioni bioenergetiche; [4 ore]

2. cinetica di processi biologici; [6 ore]
3. dimensionamento dei sistemi di trasferimento dell'ossigeno; [8 ore]
4. definizione di uno schema di processo e costi; [4 ore]
5. dimensionamento processistico di sistemi di depurazione. [6 ore]

BIBLIOGRAFIA

- S. Aiba, A.E. Humphrey, N.F. Millis, *Biochemical engineering*, 1973.
 H.J. Rehm, G. Reed, *Biotechnology. Vol. 1 e 3*, 1983.
 G. Genon, *Processi biologici industriali*, CLUT, 1993.

C4050 Processi di produzione dei materiali macromolecolari

Anno: 5 Periodo: 2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+1 (ore settimanali); 70+12 (nell'intero periodo)

Docente: **Giuseppe Gozzelino**

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Generalità sulle macromolecole. [10 ore]

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

Polimeri da poliaddizione radicalica. [12 ore]

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

Polimeri da polimerizzazione a stadi. [6 ore]

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

Polimeri da poliaddizione ionica. [4 ore]

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

Produzione di commodities polimeriche. [6 ore]

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

Polimeri da copolimerizzazione. [4 ore]

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

Produzione di materiali elastomerici. [2 ore]

Monomeri. Tecnologie di polimerizzazione e di vulcanizzazione.

Resine termoindurenti. [6 ore]

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

Proprietà dei polimeri. [6 ore]

Reologia delle soluzioni e dei fusi polimerici. Comportamento elastico e viscoso. Viscoelasticità. Densità di energia coesiva. Proprietà meccaniche dei polimeri in massa.

Influenza della temperatura sulle proprietà. Degradazione. Invecchiamento. Miscele polimeriche.

Caratterizzazione dei polimeri. [4 ore]

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

Tecnologie di trasformazione dei termoplasti. [6 ore]

Additivi e tecniche di miscelazione. Estrusione. Tecniche di stampaggio. Tecniche di filatura.

Influenza della lavorazione sulle proprietà.

Materiali compositi a matrice polimerica. [4 ore]

Matrici e fibre per compositi. Cenni di micromeccanica dei compositi. Tecnologie di produzione.

ESERCITAZIONI

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

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

BIBLIOGRAFIA

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

Appunti delle lezioni forniti dal docente.

C4070 Processi elettrochimici

Anno: 5 Periodo:2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6 (*ore settimanali*); 72 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Nerino Penazzi**

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

L'impianto elettrochimico. [6 ore]

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

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

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

L'elettrolisi dell'acqua. [12 ore]

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

L'elettrolisi dei cloruri alcalini. [16 ore]

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

Processi idrometallurgici. [12 ore]

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

Processi elettrolitici in sale fuso. [6 ore]

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

Galvanotecnica. [4 ore]

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

Generatori elettrochimici. [6 ore]

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

BIBLIOGRAFIA

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

C4080 Processi industriali della chimica fine

Anno: 5 Periodo: 2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6 (ore settimanali); 64+14 (nell'intero periodo)

Docente: **Franco Ferrero**

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

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Processi di filatura chimica

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

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

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

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

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

Processi Interfase

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

Chimica del colore e processi fotochimici

Principi della colorimetria industriale: illuminanti standard, meccanismo della percezione

visiva dei colori, colorimetria di trasmissione, classificazione dei colori, sistema tristimolo, spazi di colore, metameria, colorimetria di riflessione, spettrofotometri, applicazioni. [6 ore]
 Coloranti: relazioni tra colore e struttura, proprietà applicative, solidità delle tinture, classificazione tintoriale e chimica, fluorescenza e candeggianti ottici; principi della tecnologia della tintura e chimica-fisica dei processi tintoriali: fenomeni diffusivi, fattore idrodinamico, cinetica e termodinamica; principali processi tintoriali. [10 ore]

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

LABORATORIO

Analisi termica di materiali polimerici. [3 ore]

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

Gascromatografia di solventi e monomeri. [3 ore]

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

Flocculazione di sospensioni. [2 ore]

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

BIBLIOGRAFIA

Dispense monografiche a cura del docente.

Testi ausiliari:

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

ESAME

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

C4170 Progettazione di apparecchiature dell'industria chimica

Anno: 5 Periodo: 2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6 (*ore settimanali*)
 Docente: **Giorgio Rovero**

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Organizzazione di un progetto. [4 ore]

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

Obiettivi di un progetto. [6 ore]

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

Progettazione concettuale. [20 ore]

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

Progettazione di base. [40 ore]

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

Circolazione di dati.

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

Sviluppo dello schema di controllo. [20 ore]

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

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

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

BIBLIOGRAFIA

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

H.F. Rase, M.H. Barrow, *Project engineering of process plants*, Univ. of Texas & Foster Wheeler Co.

M. Capra, *Aspetti organizzativi di un progetto: procedura operativa*, Ars Ing., 1992.

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

S.R. Hed, *Project control manual*, 1985.

Sinnok, *Chemical engineering*. Vol. 6, 2nd ed., Elsevier.

J.M. Douglas, *Conceptual design of chemical processes*, McGraw-Hill, Singapore, 1988.

G. Rovero, U. Arena, *Progettazione di un inceneritore a letto fluido circolante*, SMIC Politecnico di Torino, 1993.

G. Rovero, A. Barresi, *Progettazione di un inceneritore catalitico per effluenti gassosi contenenti cloruro di vinile*, SMIC Politecnico di Torino, 1994.

ESAME

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

C4450 Reattori chimici

Anno: 5 Periodo:2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2 (ore settimanali); 52+26 (nell'intero periodo)

Docente: **Italo Mazzarino**

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Reazioni catalitiche eterogenee. [8 ore]

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

Reattori chimici polifasici. [10 ore]

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

Dinamica dei reattori chimici. [10 ore]

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

Reattori chimici per processi di polimerizzazione. [8 ore]

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

Sicurezza dei reattori chimici. [12 ore]

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

Reattori chimici per applicazioni ambientali. [4 ore]

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

ESERCITAZIONI

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

1. identificazione dei parametri cinetici di una reazione chimica mediante regressione di dati sperimentali;
2. identificazione dei parametri fluidodinamici di un reattore chimico polifasico;
3. analisi del comportamento dinamico di un reattore chimico;
4. elaborazione di un modello chimico-fisico di un reattore chimico e simulazione del suo comportamento al variare delle condizioni operative.

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

BIBLIOGRAFIA

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

Testi ausiliari:

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

G.F. Fromant, K.B. Bishoff, *Chemical reactors analysis and design*.

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

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

ESAME

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

E4640 Scienza e tecnologia dei materiali compositi

Anno: 5 Periodo: 1

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali); 78+26 (nell'intero periodo)

Docente: **Francesco Marino**

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

PROGRAMMA

Introduzione.

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

Meccanismo di trasferimento degli sforzi.

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

Matrici ceramiche, metalliche, polimeriche, vetrose: loro proprietà.

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

Compositi con particelle in varie matrici.

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

Compositi con fibre lunghe in varie matrici.

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

Compositi particolari: multistrati, *in situ*, riporti su substrati.

Applicazioni.

ESERCITAZIONI

Tecniche preparative, analitiche, prove meccaniche.

E4682 Scienza e tecnologia dei materiali polimerici II

Anno: 5 Periodo:2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6 (*ore settimanali*)Docente: **Aldo Priola**

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

PROGRAMMA*Aspetti generali.* [4 ore]

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

Struttura e caratterizzazione delle macromolecole. [20 ore]

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

Principali tipi di polimeri industriali. [22 ore]

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

Proprietà dei polimeri in massa. [15 ore]

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

Proprietà elettriche. [5 ore]

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

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

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

Tecnologie di trasformazione.

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

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

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

ESERCITAZIONI

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

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

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

BIBLIOGRAFIA

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

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

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

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

RA210 Sicurezza del lavoro e difesa ambientale

Anno: 5 Periodo: 2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 25+15+10 (ore settimanali 4)

Docente: **Mario Patrucco**

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

La trattazione comprende anche gli aspetti tecnici e normativi.

PROGRAMMA

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

ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

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

C4780 Siderurgia

Anno: 5 Periodo: I

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+1 (ore settimanali); 70+15 (nell'intero periodo)

Docente: **Aurelio Burdese** (collab.: Mario Rosso)

Il corso ha lo scopo di affinare la preparazione dell'ingegnere in campo metallurgico, fornendo conoscenze specialistiche sulle leghe ferrose, con particolare riferimento ai processi ed impianti siderurgici, senza però trascurare un più approfondito studio delle proprietà strutturali, meccaniche e chimiche dei prodotti siderurgici e delle loro caratteristiche di impiego.

Per una buona preparazione nel campo specifico occorrono buone nozioni di base sulle metallurgia generale, la tecnologia dei materiali metallici (trattamenti termici e meccanici), e dei materiali refrattari, la teoria e la pratica dei fenomeni di combustione e di trasmissione del calore.

Il corso si svolgerà con lezioni, integrate da esame di schemi costruttivi di impianti ed apparecchiature specifiche con visite a stabilimenti siderurgici. Essendo un corso di tipo applicativo l'estensione degli argomenti potrà variare in modo significativo rispetto all'impegno previsto nel programma in dipendenza di opportuni aggiornamenti della tecnologia.

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Chimica fisica dei processi siderurgici. [20 ore]

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

Teoria e pratica dei processi ai riduzione. [30 ore]

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

Classificazione e controllo di forni siderurgici.

Ghisa. [10 ore]

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

Acciaio. [10 ore]

Processi di preraffinazione ed affinazione. Disossidazione e colata. Fabbricazione di acciai speciali. Lavorazioni ed utilizzazione dell'acciaio. Trattamenti termici e caratteristiche strutturali e di impiego degli acciai. Comportamento in opera.

ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA

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

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

G. Violi, *Processi siderurgici*, ETAS Compass, Milano.

ESAME

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

C5440 **Tecnica della sicurezza ambientale**

Anno: 5 Periodo: 2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (*ore settimanali*)

Docente: **Norberto Piccinini** (collab.: Guido Sassi)

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Incidenti e rischi nelle attività umane [10 ore]

Infortunati sul lavoro e malattie professionali. Evoluzione dei concetti di "rischio" e "sicurezza". Scale e parametri per valutazioni di "tollerabilità dei rischi". Le valutazioni di impatto ambientale. Indagini su incidenti occorsi.

Metodi di studio dei rischi nelle attività antropiche (Impianti industriali e grandi opere infrastrutturali) [5 ore]. Metodi basati sul giudizio ingegneristico (indici di rischio, *check list*). Approccio storico a mezzo banche dati incidenti.

Valutazione probabilistica dei rischi [26 ore]:

- Metodi per l'individuazione delle pericolosità di origine interna agli impianti (Analisi di operabilità, *Hazop*, analisi dei guasti e loro effetti - FMEA).
- Valutazione della risposta di un impianto al verificarsi di un guasto per mezzo di alberi logici e decisionali (diagramma delle sequenze incidentali, albero degli eventi, albero dei guasti, diagramma logico cause-conseguenze).
- Stima della frequenza di eventi incidentali (risoluzione di alberi logici).
- Analisi di sequenze incidentali di tipo dinamico.

Principi e metodi dell'affidabilità tecnologica [14 ore]

Affidabilità di un componente, di sistemi operativi (in serie o in parallelo, a logica maggioritaria), di sistemi in attesa di intervento. Banche dati affidabilità. Analisi di sistemi tramite catene di Markov.

Valutazione degli errori umani [4 ore]

Cause e tipi di errore umano. Modelli e dati per la stima dell'affidabilità umana.

Gestione del rischio [8 ore]

Fasi della gestione dei rischi. Sistemi di gestione della sicurezza (*Safety audits*, *Environmental audits*).

Danni all'ambiente [8 ore]

Uso irrazionale delle risorse cattiva gestione del suolo e dei reflui (solidi, liquidi e gassosi).

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella preparazione di relazioni tecniche dai differenti contenuti. Gli argomenti trattati dovranno quindi essere presentati in modo schematico evitando la forma colloquiale.

Per la loro stesura si dovranno seguire i principi di massima contenuti nel volume "SAPER COMUNICARE- Cenni di Scrittura Tecnico Scientifica" pubblicato dall'Ateneo nel 1993. In particolare, in ogni relazione dovrà essere presente "L'indice" con l'adeguato livello di dettaglio. Questo deve contenere quanto meno lo "Scopo" e la "Bibliografia" e la lista dei "Simboli". Oltre agli aspetti sostanziali, anche quelli formali di presentazione devono essere curati.

Il primo giorno di lezione il docente fornirà dettagliate istruzioni sui contenuti ed i tempi di consegna delle seguenti esercitazioni:

1. Costituzione di un prototipo di Banca Dati Incidenti e Analisi di Pericolosità.
2. Applicazioni delle differenti metodologie di analisi dei rischi.
3. Elaborazione di una specifica per omologazione di un prototipo.
4. Analisi delle relazioni cause-effetti su un componente di macchina uscito di servizio.
5. Relazione dettagliata su un tema ambientale o di sicurezza di interesse dell'allievo.

LABORATORIO

Saranno organizzate esperienze pratiche di esercitazioni antincendio da effettuarsi in un campo prove esterno al Politecnico.

BIBLIOGRAFIA

Parte del materiale didattico sarà messo a disposizione durante il corso.

Norme per la prevenzione degli infortuni

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

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

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

ESAME

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

H5450 **Tecnica della sicurezza elettrica**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (*ore settimanali*)

Docente: **Vito Carrescia**

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

REQUISITI

Elettrotecnica

PROGRAMMA

Le basi legislative della sicurezza.

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

Principi generali di sicurezza.

Definizione di sicurezza e di rischio. Sicurezza di un sistema. Relazione tra sicurezza e affidabilità. Individuazione del livello di sicurezza accettabile. Il rischio indebito.

L'errore umano. [4 ore]

Brevi richiami di elettrofisiologia.

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

Il terreno come conduttore elettrico.

La resistenza di terra. I potenziali sulla superficie del terreno. Dispensori in parallelo.

Tensione totale e tensione di contatto a vuoto e a carico. [2 ore]

Isolamento funzionale, principale, supplementare, rinforzato.

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

Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi TT.

Necessità della protezione differenziale. L'equipotenzialità. Il relè di tensione.

Il conduttore di neutro nei sistemi TT. [4 ore]

Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi TN.

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

Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi IT.

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

Protezione contro i contatti indiretti senza interruzione automatica del circuito.

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

Protezione contro i contatti indiretti in alta tensione.

Dispersore profondo. Misura delle tensioni di contatto e di passo. Interfaccia con l'impianto di terra di bassa tensione. Messa a terra del neutro. Cenni all'esecuzione dell'impianto di terra. [4 ore]

Protezione contro i contatti diretti: misure totali e parziali; passive e attive.

Isolamento, barriere e involucri. Gradi di protezione IP. Protezione contro i contatti diretti offerta dagli interruttori differenziali. [4 ore]

Sistemi elettrici di categoria zero: bassissima tensione di sicurezza, di protezione e funzionale. Confronto delle misure di protezione contro i contatti diretti e indiretti. Luoghi a maggior rischio elettrico, luoghi conduttori ristretti. [4 ore]

Misure di protezioni particolari in ambiente medico.

Microshock. Sicurezza delle apparecchiature elettromedicali. Elettrobisturi. [2 ore]

Sezionamento e comando. [4 ore]

Comando d'emergenza. Comando funzionale. L'interruttore generale. Interruzione per motivi non elettrici. Circuiti di comando: sicurezza contro l'azionamento intempestivo.

Portata di un cavo.

Curva di sovraccaricabilità di un cavo. Dispositivi di protezione di sovracorrente.

Requisiti del dispositivo di protezione contro il sovraccarico. [4 ore]

Brevi richiami alla corrente di cortocircuito.

Sollecitazioni termiche in condizioni di cortocircuito. Requisiti del dispositivo di protezione contro cortocircuito. [4 ore]

Applicazione dei dispositivi di protezione contro il sovraccarico ed il cortocircuito.

Dispositivo di protezione unico e dispositivi distinti. Protezione contro le sovracorrenti nei sistemi TT, TN e IT. [4 ore]

Protezione dei motori contro il sovraccarico e il cortocircuito.

Requisiti dell'alimentazione di sicurezza, con particolare riferimento all'illuminazione di sicurezza. [4 ore]

Classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione:

individuazione dei centri di pericolo, delle condizioni di ventilazione, della estensione e qualifica delle zone AD. [4 ore]

Modi di protezione per le costruzioni elettriche da utilizzare in atmosfera esplosiva.

Tipi di impianti elettrici a sicurezza. Scelta del tipo di impianto adatto alla zona AD. [4 ore]

ESERCITAZIONI

1. Progetto dell'impianto di terra di una stazione di trasformazione. [4 ore]
2. Confronto e analisi delle misure di protezione contro i contatti diretti e indiretti. [4 ore]
3. Misure della resistenza di terra e delle tensioni di contatto di passo in una officina elettrica dell'ENEL. [4 ore]
4. Determinazione della lunghezza massima protetta di un circuito protetto da un fusibile. [4 ore]
5. Visita ai laboratori dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità e del Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano, Milano. [8 ore]

BIBLIOGRAFIA

V. Carrescia, *Fondamenti di sicurezza elettrica*, Hoepli.

C5610 Tecnologia del petrolio e petrolchimica

Anno: 4 Periodo:1

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+1 (*ore settimanali*); 70+12 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Giuseppe Gozzelino**

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

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Il petrolio come materia prima. [6 ore]

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

Valutazione tecnologica delle miscele idrocarburiche. [6 ore]

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

Processi di raffinazione. [6 ore]

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

Conversione delle frazioni liquide e gassose. [8 ore]

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

Prodotti petroliferi. [6 ore]

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

Produzione di olefine leggere. [9 ore]

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

Produzione di aromatici. [5 ore]

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

Acetilene. [3 ore]

Produzione via carbochimica e petrolchimica, purificazione, usi.

Paraffine normali. [2 ore]

Processi di separazione dalle frazioni leggere.

Carbonio industriale. [3 ore]

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

Intermedi petrolchimici. [12 ore]

Monomeri, solventi e intermedi derivati da olefine leggere mediante processi di idroformilazione, ossidazione selettiva, idratazione, alogenazione.

Prodotti finali. [4 ore]

Cenni sui processi di trasformazione dei petrolderivati in alcuni prodotti finiti di origine petrolchimica (detergenti, fibre, polimeri).

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono in applicazioni, eventualmente in laboratorio, dei concetti sviluppati a lezione e in visite a complessi industriali che sviluppino processi petrolchimici.

BIBLIOGRAFIA

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

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

Traccia di tutto il corso che il docente consegna agli studenti all'inizio dello stesso.

C5700 Tecnologie industriali (tessili)

Anno: 5 Periodo: 2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (*ore settimanali*); 50+50 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Francantonio Testore**

Il corso si propone di studiare i principali processi tecnologici in cui si articola la trasformazione delle fibre e dei fili in tessuto finito, i cicli di lavorazione e le condizioni ambientali per il loro razionale svolgimento, e di mettere i giovani futuri ingegneri a contatto con la realtà industriale per mezzo di visite a stabilimenti e laboratori e di esercitazioni su problemi pratici.

PROGRAMMA

L'insegnamento si divide in tre parti principali, concernenti a grandissime linee la formazione del filato, la formazione di superfici tessili piane, la nobilitazione dei filati e dei tessuti, oltre ad alcuni argomenti complementari. Di ciascuna parte vengono illustrate le esigenze di carattere tecnologico che influenzano la progettazione, il *layout*, le condizioni ambientali.

Formazione del filato

Classificazione delle fibre. Tecnologia della cardatura, della pettinatura, della filatura. Ciclo cardato e pettinato per fibre a taglio laniero ed a taglio cotoniero. Trattamenti tessili ai cavi di filatura chimica (*tow*) e di fili continui artificiali e sintetici (torcitura, testurizzazione, ecc.). Operazioni successive alla filatura.

Tecnologia generale di tessitura

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

Nobilitazione

Rifinitzione, classificazione e scopi delle principali operazioni. Finissaggio dei tessuti lanieri, cotonieri, serici, di fili sintetici. Tintura e stampa, cenni sulle fasi dei cicli e sulle principali macchine.

Analisi di laboratorio e controlli in reparto

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

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni alternano visite e prove sperimentali presso aziende tessili, chimico-tessili e meccano-tessili e presso laboratori pubblici e privati, alla elaborazione presso il Politecnico dei risultati sperimentali e nella discussione delle relazioni compilate con i dati raccolti.

BIBLIOGRAFIA

F. Testore, *Tecnologia della filatura*, Vol. 1 e 2, Elsa, 1975.

Manuale di tecnologia tessile, Cremonese, Roma, 1981.

Bollettini dell'International Textile Service, Zurigo.

Journal of the Textile Institute, Manchester.

F. Testore, *Nel segno dell'ITMA 83*, Nuove Tecniche Editoriali, Milano, 1984.

F. Testore, *Quo vadis, mecatronica ITMA 87*, NTE, Milano, 1988.

F. Testore, *Dispense di Tecnologie industriali tessili*, 1993-95.

ESAME

Gli esami sono svolti oralmente, della durata di un'ora circa. Generalmente allo studente vengono rivolte tre domande sugli argomenti illustrati durante il corso; egli deve anche essere in grado di schizzare le macchine e le apparecchiature oggetto di domanda. Inoltre egli deve dimostrare di conoscere bene cicli e macchinari delle aziende di cui ha redatto le relazioni successivamente alle visite.

C5710 Tecnologie metallurgiche

Anno: 5 Periodo:2

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (*ore settimanali*); 70+40 (*nell'intero periodo*)

Docente: **Mario Rosso**

Il corso è volto all'approfondimento dei processi e delle tecnologie di formatura impiegate per la fabbricazione di pezzi finiti. In particolare vengono studiati e confrontati i processi di deformazione plastica, di fonderia e di metallurgia delle polveri. Si considerano infine le tecniche di giunzione, in quanto complementari alle precedenti tecnologie.

Approfonditi i principi fondamentali su cui si basano le predette tecnologie, vengono esaminati i processi e gli impianti utilizzati, le classi di materiali idonei ai singoli processi ed i rispettivi settori di applicazione.

Il corso non trascura gli aspetti legati alla difettologia ed al controllo qualità, riferiti sia ai processi che ai prodotti finiti.

Uno stretto contatto con le realtà industriali più significative, esplicitantesi anche con visite appositamente programmate, fornisce un contenuto pratico al corso e favorisce un migliore aggiornamento su evoluzione ed innovazione tecnologica.

REQUISITI

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

PROGRAMMA

Deformazione plastica. [10 ore]

Richiami di teoria della plasticità, criteri di scorrimento e meccanismi di deformazione. Principali processi di deformazione plastica e stati di tensione applicati. Fenomeni influenti: temperatura, incrudimento, velocità di deformazione, superplasticità, deformazione non uniforme, attrito, lubrificazione e lubrificanti impiegabili.

Processi di deformazione. [26 ore]

Fucinatura libera e in stampo chiuso, stampaggio a caldo, a semicaldo ed a freddo, stampaggio di precisione. Progettazione degli stampi. Estrusione diretta ed inversa. Trafilatura di tondi, fili e tubi. Laminazione a caldo ed a freddo, fenomeni nell'arco di contatto. Tensioni residue e difetti più comuni dopo lavorazione.

Formatura delle lamiere sottili. [8 ore]

Imbutitura, stiroimbutitura, curvatura e tranciatura. Valutazione degli sforzi, prove di imbutitura e criteri per valutare i limiti di formabilità. Coefficienti di anisotropia.

Fonderia. [16 ore]

Richiami ai principi di solidificazione delle leghe; leghe da fonderia. Diagramma di flusso e ciclo di lavorazione tipico di una fonderia. Modelli: tipi, progettazione e costruzione. Forme a perdere e permanenti, loro progettazione. Terre da fonderia e processi di formatura con sabbia. Anime e loro fabbricazione con processi a scatola calda ed a scatola fredda, ramolaggio. Processi speciali di formatura: a guscio, in vuoto, magnetica. Processo Policast. Fonderia di precisione. Forme permanenti: conchiglia, pressocolata e colata centrifuga. Formatura di leghe e compositi allo stato semisolido: processi tipo Rheocasting e

Thixoforming. Lavorazioni di finitura e controllo dei getti.

Metallurgia delle polveri. [12 ore]

Analisi del ciclo completo di produzione dei sinterizzati. Polveri: tipi e caratteristiche derivanti dal processo di fabbricazione. Miscelazione, compattazione e relativi impianti. Forme limiti ottenibili. Aspetti termodinamici del processo di sinterizzazione, sinterizzazione attivata, forni e atmosfere di sinterizzazione. Processi particolari di compattazione, pressatura isostatica a freddo ed a caldo, *powder injection molding*. Lavorazioni secondarie dei sinterizzati: trattamenti termici, calibrazione, infiltrazione e impregnazione. Controllo, finitura e applicazioni dei sinterizzati.

Costi. [3 ore]

Confronti tra le differenti tecnologie, alternative e criteri di scelta. Ottimizzazione tecnico-economica ed indici di costo.

Tecniche di giunzione. [5 ore]

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

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula consistono nello sviluppo di esempi applicativi e di calcolo sugli argomenti oggetto delle lezioni. Comprendono calcoli relativi a stati di tensione ed alla valutazione degli sforzi necessari per un determinato processo di deformazione plastica, calcoli di forze e potenze richieste, scelta dei tipi di impianti utili. Per i diversi processi studiati.

Per quanto riguarda i processi di fonderia: calcolo di materozze, attacchi e canali di colata, baricentro termico, progettazione delle forme.

Determinazione degli sforzi per la compattazione delle polveri e scelta delle presse. Calcolo di atmosfere e tempi di sinterizzazione.

Analisi economica e valutazione dei costi.

Le prove in laboratorio riguardano le caratteristiche di formabilità e microstrutturali dei materiali assoggettati alle diverse tecnologie ed osservazione e analisi di pezzi finiti.

BIBLIOGRAFIA

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

G. Mazzoleni, *Tecnologia dei metalli. Vol. II, Fonderia*, UTET, Torino, 1980.

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

Appunti del corso e fotocopie dei lucidi proiettati a lezione.

Programmi delle discipline delle scienze umanistiche

UM001 Metodologia delle scienze naturali (Il metodo scientifico)

Il corso si propone di introdurre le problematiche della filosofia della scienza. Nella cultura contemporanea, il metodo scientifico è stato riconosciuto come una complessa manifestazione di tecniche e ragionamenti - non regole che garantiscono la certezza - con una maggiore consapevolezza anche delle influenze culturali, delle politiche delle istituzioni e della struttura psicologica del ricercatore.

La filosofia della scienza ha visto negli ultimi anni una reazione al neopositivismo e un periodo di discussioni storiche e filosofiche su scienza normale e rivoluzioni, progresso e incommensurabilità delle teorie; quindi si è rivolta alle condizioni al contorno, materiali e culturali, del lavoro scientifico, arricchendosi di contributi della sociologia e delle scienze cognitive; i nomi portanti di questo sviluppo sono quelli di Popper, Quine, Kuhn, Feyerabend, Barnes e Latour.

Il riconoscimento della varietà e storicità del metodo scientifico non significa tuttavia che non si possa riconoscere nell'attività dello scienziato un arsenale di criteri, tecniche e procedure che caratterizzano la proposizione e la verifica di ipotesi e teorie, e che le distinguono dall'argomentazione non scientifica, puramente retorica, o semplicemente sbagliata. Il tentativo di caratterizzare questo "metodo scientifico", se non di giustificarlo, è l'obiettivo della filosofia della scienza.

PROGRAMMA

Il corso si svolgerà attraverso l'esame di alcuni case studies rilevanti della storia del pensiero scientifico (come hanno fatto in fondo Kuhn con la rivoluzione copernicana, Feyerabend con Galileo) in modo da mettere in luce l'articolazione e la codifica del metodo scientifico a diversi livelli di astrazione, dalle correlazioni statistiche ai modelli matematici, alle teorie a medio raggio, a quelle generali. Per definire la natura della spiegazione scientifica, si preciseranno le diverse funzioni e tipi dei modelli, l'organizzazione e la portata degli esperimenti, la natura delle teorie, affrontando quindi i temi classici della verifica, corroborazione o falsificazione delle ipotesi. Su questa base si potranno affrontare anche i temi più generali del rapporto tra scienza e metafisica, del riduzionismo, delle rivoluzioni scientifiche, nonché il ruolo delle influenze sociali e dei condizionamenti psicologici. Questo allargamento di orizzonti potrà essere realizzato anche in forma seminariale, con approfondimenti di gruppi di studenti interessati all'uno o all'altro dei temi.

BIBLIOGRAFIA

- R.N. Giere, *Understanding Scientific Reasoning*, Holt, Reinhart and Winston, New York, 1985
G. Lolli, *Capire la matematica*, Il Mulino, Bologna, 1996

T. L. Wolpert, *The Unnatural Nature of Science*, Faber&Faber, London, 1992
oltre a una scelta di alcuni classici della filosofia della scienza
contemporanea sopra citati

ESAME

L'esame prevederà a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta su un autore o un tema su cui gli studenti abbiano svolto una ricerca o una lettura di approfondimento, secondo le loro preferenze.

UM002 Propedeutica filosofica

Il corso si propone di illustrare, ad un livello elementare, concetti, metodi ed esempi della ricerca filosofica attuale, in vari campi (metafisica, filosofia del linguaggio, filosofia della mente, filosofia morale). Verrà sottolineata la struttura argomentativa del discorso filosofico, cioè si cercherà di mettere in evidenza in che modo-con quali argomenti-vengono sostenute le varie tesi filosofiche di volta in volta esaminate.

PROGRAMMA

- Filosofia(possibili definizioni di filosofia, esempi di ciò che la filosofia è stata in passato, che cos'è la filosofia oggi).
- Linguaggio, concetti e significati (che cos'è un concetto? Concetti e parole. Regole. Concetti come enti mentali. Concetti e realtà).
- Mente e cervello (dualismo-riduzionismo- funzionalismo).
- Verità, giustificazione, verificaione (realismo metafisico, realismo interno, verificazionismo).
- Progresso(scientifico, tecnologico, sociale, morale).
- Il bene e la giustizia.
- Senso della storia e senso della vita.

BIBLIOGRAFIA

T.Nagel. *Una brevissima introduzione alla filosofia*. Il Saggiatore.

Verranno inoltre letti un certo numero di testi filosofici contemporanei, parecchi dei quali si trovano in M.Messeri. *Filosofia contemporanea*. Zanichelli

ESAME

Una prova scritta alla fine del corso, e una breve relazione (10-12 cartelle) su un argomento concordato con il docente.

UM007 Teoria dei linguaggi

PROGRAMMA

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

BIBLIOGRAFIA

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

ESAME

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

UM004 Sociologia delle comunicazioni di massa

Il corso mira a dotare gli studenti di strumenti critici utili

- da un lato a usare e comprendere fattivamente gli usi e le funzioni della comunicazione nei diversi ambiti produttivi nei quali si troveranno a operare,
- dall'altro ad acquistare consapevolezza critica della presenza e del ruolo dei media nei diversi aspetti della vita sociale, una consapevolezza oggi necessaria per una responsabile partecipazione civica, qual è richiesta in particolare a chi esercita funzioni direttive e gestionali.

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

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

PROGRAMMA

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

BIBLIOGRAFIA

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

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

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

ESAME

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

UM003 Sociologia del lavoro

Scopo del corso è esaminare modi e forme di utilizzazione economica e sociale delle innovazioni tecnologiche. Particolare attenzione verrà dedicata all'analisi delle relazioni esistenti tra innovazioni tecnologiche e innovazioni organizzative nelle imprese dell'industria e dei servizi. L'idea di fondo è che la diffusione delle innovazioni tecnologiche richiede adattamenti e innovazioni radicali nelle strutture organizzative delle imprese economiche, oltre a notevoli investimenti in istruzione e formazione professionale. A loro volta, le innovazioni organizzative - dal mutamento dei sistemi manageriali di controllo e dell'organizzazione del lavoro sino alle modifiche delle interfacce uomo-macchina - adattano le tecnologie alle esigenze produttive e del lavoro umano e contribuiscono a modificarle in misura rilevante.

PROGRAMMA

1. Alcuni concetti fondamentali della sociologia dell'azione sociale e della metodologia della ricerca sociologica;
2. Le relazioni tra processi di globalizzazione, innovazioni tecnologiche e occupazione - nei paesi europei e negli USA. Particolare attenzione verrà dedicata all'analisi delle politiche (riguardanti l'istruzione e la formazione professionale, il mercato del lavoro, le politiche pubbliche di *welfare*, l'innovazione di prodotti e di processi) messe in atto in questi paesi al fine di stimolare lo sviluppo economico e l'occupazione;
3. Le innovazioni organizzative (come il *re-engineering* o i programmi di *total quality management*) che accompagnano, stimolano e modificano l'introduzione delle tecnologie dell'informazione nelle organizzazioni industriali e dei servizi.
4. Le patologie dei sistemi tecnologici complessi - illustrate negli ultimi decenni da una serie di incidenti maggiori, da Seveso a Three Mile Island, Chernobyl, Bophal etc. Verranno in particolare definiti i concetti di interfaccia e di interazione uomo-macchina, di logica della progettazione e logica di utilizzazione dei sistemi tecnologici complessi, di organizzazione affidabile ed esaminate alcune teorie organizzative degli incidenti tecnologici.

Gli studenti saranno invitati a scrivere e presentare studi del caso riguardanti uno o più incidenti tecnologici maggiori. In questo caso saranno esonerati dal presentare all'esame il testo a scelta sub 4.

BIBLIOGRAFIA

R. Boudon (a cura di), *Trattato di sociologia*, Bologna, Il Mulino, 1995 (solo la "Introduzione" (pp. 13-26) e i capp. I: "Azione", pp. 27-62, e VIII: "Organizzazione", pp. 323-358 e XII: "Conoscenza", pp. 461-500).

A. Marradi, *Concetti e metodi per la ricerca sociale* in M. Cardano, R. Miceli, *Il linguaggio delle variabili*, Torino, Rosenberg & Sellier, 1991, par. 1 e 2, pp. 17-53.

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

Un testo a scelta tra:

A. Baldissera, *La modernizzazione difficile*, Torino, Tirrenia Stampatori, 1992.

Hammer & J. Champy, *Ripensare l'azienda. Un manifesto per la rivoluzione manageriale*,

Milano, Sperling & Kupfer, 1994.

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

T. Ohno, *Lo spirito Toyota*, Einaudi, Torino, 1993.

N. Rosenberg, *Exploring the black box: technology, economics and history*, Cambridge, Cambridge University Press, 1994.

de Terssac, *Come cambia il lavoro. Efficacia, autonomia, valorizzazione delle competenze*, Milano, Etas Libri, 1994.

UM008 Storia del diritto italiano

Il corso intende presentare ad uno studente privo di veri concetti giuridici alcuni principi basilari per la conoscenza del nostro attuale diritto attraverso la riflessione storica della loro formazione. Esso si prefigge di illustrare alcuni punti di partenza essenziali per conoscere il nostro attuale diritto e quindi eventuali futuri approfondimenti sui problemi specifici.

PROGRAMMA

- Fondamenti del diritto. Dimensione storica del valore di: giustizia, equità, diritto, fonti del diritto, norma giuridica, ordinamento giuridico, legge, consuetudine, giurisprudenza, dottrina giuridica, ordinamento giudiziario, principi generali del diritto.
- Interpretazione del diritto. La norma e la sua applicazione al caso concreto. La statualità del diritto. Posizione del giudice. Interpretazione e sue diverse manifestazioni. Norma, giudice, giurista nell'esperienza giuridica italiana.
- Lo Stato. Formazione dello Stato moderno e sua evoluzione. Elementi costitutivi. Tipi di Stato. Ordinamenti sovranazionali.
- Il sistema giuridico italiano. Dimensione storica del fenomeno e passaggio dalla situazione dell'età moderna a quella contemporanea.
- Evoluzione delle diverse fonti del diritto. Situazione attuale e gerarchia delle norme. Costituzione, codici, leggi, decreti ecc.; la decodificazione. Presentazione della situazione presente e dell'approccio alla conoscenza del diritto vigente. Il sistema giuridico italiano nel panorama europeo: passato e presente. I grandi sistemi giuridici contemporanei.

BIBLIOGRAFIA

Non esistendo uno specifico manuale, i testi di riferimento saranno indicati nel corso dell'anno e potranno essere reperiti con fotocopie o altri strumenti con riferimento ai singoli argomenti trattati.

UM005 Storia della filosofia contemporanea

PROGRAMMA

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

ESAME

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

UM006 Storia della tecnica

Il corso vuole fornire agli studenti la capacità di inquadrare gli oggetti e i sistemi tecnici nella loro prospettiva storica. A tal fine il corso prende l'avvio da alcune fondamentali premesse sul concetto di storia, sul ruolo e sulle finalità della ricerca storica, e specificamente sul significato della storia della tecnologia e sulla sua storiografia. Nel seguito sono passati in rassegna i sistemi tecnici più significativi, a partire da alcuni cenni sul mondo antico sino a focalizzare l'attenzione sul mondo contemporaneo. È dato ampio spazio alle problematiche della tecnica nel XIX e XX secolo.

PROGRAMMA

- La storia come scienza. Le scritture, i documenti, la ricerca storica.
I temi e le idee della storia. Cronologia e storia. La storia e "le storie". Le scritture come fondamento della storia: il documento. La storia della tecnica e la sua storiografia. La storia della tecnica e la storia della scienza. Gli strumenti della storia della tecnica.
- Dal mondo antico al Medioevo (cenni).
- Dal Rinascimento al Seicento.
La "scienza nuova" e il passaggio "dal mondo del pressappoco all'universo della precisione" (A.Koyré): La nascita della metallurgia nel '500; la "meccanica" da Guidobaldo del Monte a Galilei a Newton; la nascita delle Accademie e delle istituzioni scientifiche.
- Il Settecento e la coscienza della tecnologia.
L'Illuminismo e le Enciclopedie. La Rivoluzione industriale in Gran Bretagna. L'industria dei metalli e gli arsenali. Il vapore. L'istruzione tecnica.
- L'Ottocento e il trionfo delle macchine.
Il macchinismo e la diffusione del sistema di fabbrica: Inghilterra, Francia, Germania, Italia. La nascita dell'elettricità. I sistemi tecnici: il telegrafo; le ferrovie; l'industria chimica. I politecnici e le scuole di ingegneria. La diffusione del sapere tecnico: le Esposizioni industriali; i brevetti. L'ottimismo "fin-de-siècle".
- Le crisi e le speranze del XX secolo
Le costruzioni in ferro e in cemento armato. La nascita dell'aeronautica. Il sistema industriale e il modello tayloristico. I grandi sistemi tecnici: elettricità, telecomunicazioni, trasporti. I limiti dello sviluppo. Le rivoluzioni informatiche.

LABORATORIO

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

BIBLIOGRAFIA

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

ESAME

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

Indice alfabetico per insegnamento

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI OBBLIGATORI

	15
C0231 Analisi matematica 1	15
C0232 Analisi matematica 2	17
C0290 Applicazioni industriali elettriche	19
C0510 Calcolo numerico	20
C0621 Chimica 1	22
C0622 Chimica 2	24
C0661 Chimica industriale 1	27
C0665 Chimica industriale 2 + Sicurezza e protezione ambientale dei processi chimici	28
C0940 Costruzione di macchine	30
CA240 Fondamenti di meccanica teorica e applicata	32
CA310 Elettronica	35
C1901 Fisica generale 1	36
C1902 Fisica generale 2	39
C2170 Fondamenti di informatica	42
C2300 Geometria	45
C2601 Impianti chimici 1	47

C2602 Impianti chimici 2	49
C3040 Istituzioni di economia	51
C7291 Fenomeni di trasporto I	52
C3110 Macchine	54
C3990 Principi di ingegneria chimica	56
C4600 Scienza delle costruzioni	58
C5570 Tecnologia dei materiali e chimica applicata	60
C5850 Teoria dello sviluppo dei processi chimici	63
C5970 Termodinamica dell'ingegneria chimica	65

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI D'ORIENTAMENTO	67
C0590 Catalisi industriale	67
C0910 Corrosione e protezione dei materiali metallici	69
R1220 Dinamica degli inquinanti	71
C1300 Dinamica e controllo dei processi chimici	72
R1360 Disciplina giuridica delle attività tecnico ingegneristiche	74
CA400 Elettrochimica applicata	75
L2030 Fisica matematica	77
C2590 Impianti biochimici	79
CA450 Impianti dell'industria alimentare	81
C2661 Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 1	83
C2662 Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 2	85
RA160 Ingegneria della sicurezza antincendio	87
C3420 Metallurgia	89
C3430 Metallurgia fisica	91
C3980 Principi di ingegneria biochimica	93
C7292 Fenomeni di trasporto II	95
MA460 Metodi e modelli per il supporto alle decisioni	97
M3500 Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici	99

H3770 Modelli per l'organizzazione e la gestione di sistemi	101
C4030 Processi biologici industriali	102
C4050 Processi di produzione dei materiali macromolecolari	104
C4070 Processi elettrochimici	106
C4080 Processi industriali della chimica fine	107
C4170 Progettazione di apparecchiature dell'industria chimica	109
C4450 Reattori chimici	111
E4640 Scienza e tecnologia dei materiali compositi	113
E4682 Scienza e tecnologia dei materiali polimerici II	114
RA210 Sicurezza del lavoro e difesa ambientale	116
C4780 Siderurgia	117
C5440 Tecnica della sicurezza ambientale	119
H5450 Tecnica della sicurezza elettrica	121
C5610 Tecnologia del petrolio e petrolchimica	123
C5700 Tecnologie industriali (tessili)	125
C5710 Tecnologie metallurgiche	127

PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE DELLE SCIENZE UMANISTICHE	129
UM001 Metodologia delle scienze naturali (Il metodo scientifico)	129
UM002 Propedeutica filosofica	131
UM007 Teoria dei linguaggi	132
UM004 Sociologia delle comunicazioni di massa	133
UM003 Sociologia del lavoro	134
UM008 Storia del diritto italiano	136
UM005 Storia della filosofia contemporanea	137
UM006 Storia della tecnica	138