



**UNIVERSITÀ' DEGLI STUDI DI MILANO**  
Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali



## **GUIDA AI CORSI DI LAUREA CHIMICI**

### **CORSI DI LAUREA TRIENNALI**

- **CHIMICA**
- **CHIMICA INDUSTRIALE**
- **CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE**

### **CORSI DI LAUREA MAGISTRALI**

- **SCIENZE CHIMICHE**
- **SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI**
- **CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE**

---

**ANNO ACCADEMICO 2005-2006**

Segreteria Didattica Chimica - Via Venezian, 21 - MILANO  
tel.-fax 0250314419  
chimp@unimi.it - [www.segreteriadidattica.135.it](http://www.segreteriadidattica.135.it)

## INDICE

<b>INDICE</b> .....	<b>2</b>
<b>PRESENTAZIONE</b> .....	<b>8</b>
INFORMAZIONI GENERALI SUI CORSI DI LAUREA CHIMICI .....	9
Date di inizio e fine dei corsi .....	9
Norme per il Tirocinio (lauree triennali) .....	10
Sessioni di ingresso al tirocinio e delle sedute di Laurea .....	11
<b>REGOLAMENTO PER LO SVOLGIMENTO DELLE TESI DI LAUREA DEI CORSI DI LAUREA MAGISTRALE</b> .....	<b>12</b>
Regolamento per lo svolgimento del tirocinio per i corsi di laurea magistrale in Scienze Chimiche e in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali .....	13
Presentazione dei piani di studio (lauree triennali).....	13
<b>CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA</b> .....	<b>15</b>
NOTE ILLUSTRATIVE AL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA .....	17
<b>ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI</b> .....	<b>18</b>
PRIMO ANNO .....	18
SECONDO ANNO .....	18
TERZO ANNO .....	18
<b>INSEGNAMENTI A SCELTA</b> .....	<b>19</b>
Propedeuticità.....	19
Insegnamenti disattivati .....	19
Eventuale accesso alle lauree specialistiche.....	19
<b>PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI</b> .....	<b>20</b>
PRIMO ANNO .....	21
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE .....	21
CHIMICA GENERALE E INORGANICA .....	21
LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA .....	22
FISICA GENERALE I .....	22
CHIMICA ORGANICA I .....	23
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA I corso A e B .....	25
CHIMICA ANALITICA I .....	25
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA I .....	25
CALCOLO NUMERICO .....	26
LABORATORIO INFORMATICO .....	26
SECONDO ANNO .....	28
CHIMICA FISICA I .....	28
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA I .....	28
CHIMICA INORGANICA I .....	29
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA I corso A e B .....	29
FISICA GENERALE II .....	30
CHIMICA ANALITICA II .....	30
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA II .....	31
CHIMICA ORGANICA II .....	32
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA II corso A e B .....	32
SICUREZZA E LEGISLAZIONE IN AMBITO CHIMICO .....	33
TERZO ANNO .....	34
ACCERTAMENTO LINGUA INGLESE .....	34
CONTROLLO QUALITA' E CERTIFICAZIONE .....	34
CHIMICA FISICA II .....	35
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA II .....	35
CHIMICA BIOLOGICA .....	35
CHIMICA DELL'AMBIENTE .....	36
<b>CORSI A SCELTA</b> .....	<b>38</b>
METODI DI INDAGINE STRUTTURALE DI MATERIALI INORGANICI .....	38
CHIMICA DEI COMPOSTI DI COORDINAZIONE .....	38
STRUTTURISTICA CHIMICA .....	39
CHIMICA FISICA (COMPLEMENTI) .....	39
CHIMICA COMPUTAZIONALE .....	40
CHIMICA TEORICA (QUANTISTICA).....	40
ELETTROCHIMICA .....	41

CHIMICA ORGANICA (APPLICATA).....	41
SINTESI E TECNICHE SPECIALI ORGANICHE.....	42
CHIMICA DELLE SOSTANZE ORGANICHE NATURALI.....	42
CHIMICA DEI COMPOSTI ETEROCICLICI.....	43
CHIMICA DELLE MACROMOLECOLE.....	43
METODI FISICI IN CHIMICA ORGANICA.....	44
ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA.....	46
<b>CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA INDUSTRIALE .....</b>	<b>48</b>
NOTE ILLUSTRATIVE PER IL CORSO DI LAUREA IN CHIMICA INDUSTRIALE.....	49
ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI .....	50
PRIMO ANNO.....	50
SECONDO ANNO .....	50
TERZO ANNO.....	50
Corsi a scelta proposti e piano studi .....	51
Propedeuticità.....	51
Insegnamenti disattivati dall'a.a. 2003-2004.....	51
Insegnamenti disattivati dall'a.a. 2005-2006.....	51
Eventuale accesso alle lauree specialistiche.....	51
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI.....	53
PRIMO ANNO .....	54
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE .....	54
CHIMICA GENERALE E INORGANICA.....	54
LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA.....	54
PROVA DI LINGUA INGLESE .....	55
LABORATORIO DI INFORMATICA.....	55
CHIMICA ANALITICA .....	55
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA .....	56
FISICA GENERALE.....	56
CALCOLO NUMERICO .....	56
SECONDO ANNO .....	58
CHIMICA ORGANICA I.....	58
CHIMICA FISICA.....	58
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA.....	59
CHIMICA INORGANICA.....	59
ECONOMIA E GESTIONE DELLE IMPRESE .....	60
ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE.....	60
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA I.....	61
CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE.....	61
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE.....	62
CHIMICA ORGANICA II.....	62
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA .....	64
TERZO ANNO.....	65
CHIMICA BIOLOGICA .....	65
CHIMICA FISICA INDUSTRIALE.....	65
CHIMICA INDUSTRIALE .....	66
LABORATORIO DI CHIMICA INDUSTRIALE.....	66
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA II.....	66
PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI.....	67
LABORATORIO DI PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI.....	67
ECONOMIA, ORGANIZZAZIONE AZIENDALE E DIRITTO INDUSTRIALE .....	68
CORSI A SCELTA.....	69
SICUREZZA NELL'AMBIENTE DI LAVORO E STRUMENTAZIONE CHIMICA.....	69
GESTIONE AZIENDALE E DIRITTO INDUSTRIALE .....	69
GESTIONE AZIENDALE.....	70
ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA INDUSTRIALE .....	71
<b>CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE .....</b>	<b>73</b>
NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE.....	75
ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI .....	76
PRIMO ANNO.....	76
SECONDO ANNO .....	76

TERZO ANNO.....	76
Insegnamenti opzionali attivati per l'a.a. 2005/06.....	77
Propedeuticità.....	77
Insegnamenti disattivati.....	77
Eventuale accesso alle lauree specialistiche.....	77
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI.....	78
PRIMO ANNO.....	79
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE.....	79
CHIMICA GENERALE E INORGANICA.....	79
LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA.....	79
LABORATORIO DI INFORMATICA.....	80
FISICA GENERALE.....	80
CHIMICA ANALITICA CON LABORATORIO.....	80
CHIMICA ELETTROANALITICA CON LABORATORIO.....	80
CHIMICA ORGANICA.....	81
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA.....	81
PROVA DI LINGUA INGLESE.....	82
SECONDO ANNO.....	83
CHIMICA FISICA.....	83
CHIMICA FISICA DELLE INTERFASI.....	83
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA.....	83
CHIMICA INORGANICA E DEI MATERIALI INORGANICI CON LABORATORIO.....	84
CONTROLLO QUALITÀ E CERTIFICAZIONE.....	84
CHIMICA DELL'AMBIENTE.....	84
CHIMICA AMBIENTALE, SICUREZZA E LEGISLAZIONE.....	84
CONTROLLO AMBIENTALE.....	85
COMPOSTI ORGANICI DI INTERESSE INDUSTRIALE CON LABORATORIO.....	86
ANALISI CHIMICA STRUMENTALE.....	87
ANALISI DI STRUTTURE MOLECOLARI.....	87
TERZO ANNO.....	89
TECNOLOGIE INDUSTRIALI DI DISINQUINAMENTO.....	89
ELEMENTI DI IMPIANTI CHIMICI.....	89
CHIMICA ORGANICA FINE E MACROMOLECOLARE.....	89
CHIMICA BIOLOGICA E BIOTECNOLOGIE.....	90
PROPRIETÀ INDUSTRIALE.....	90
CORSI OPZIONALI.....	92
CHIMICA ANALITICA (APPLICATA AI BENI CULTURALI).....	92
SOSTANZE NATURALI E APPLICAZIONI INDUSTRIALI.....	92
TECNOLOGIE ELETTROCHIMICHE AMBIENTALI.....	92
MATERIALI STRUTTURALI PER L'INDUSTRIA CHIMICA.....	93
METODI DI INDAGINE STRUTTURALE DI MATERIALI INORGANICI.....	93
CHIMICA INORGANICA AVANZATA E METALLORGANICA.....	93
METODOLOGIE DI SINTESI ORGANICA.....	93
AUSILIARI E MATERIALI POLIMERICI.....	94
SPETTROSCOPIA E FOTOCHIMICA APPLICATE.....	94
SINTESI ORGANICA A BASSO IMPATTO AMBIENTALE.....	95
CALCOLO NUMERICO.....	95
ECOLOGIA E TOSSICOLOGIA.....	95
ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE.....	96
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE.....</b>	<b>97</b>
NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE.....	98
ORGANIZZAZIONE DEL CORSO DI LAUREA.....	99
Curriculum A : Inorganico-Chimico Fisico.....	99
Curriculum B : Organico.....	99
Curriculum C : Interdisciplinare.....	100
Organizzazione didattica.....	100
SECONDO ANNO.....	101
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI.....	104
PRIMO ANNO.....	105
Insegnamenti della tabella 1.....	105
CHIMICA FISICA (A).....	105

LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (A).....	105
CHIMICA FISICA (B).....	106
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (B).....	106
CHIMICA INORGANICA (A).....	106
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (A).....	107
CHIMICA INORGANICA (B).....	107
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (B).....	107
CHIMICA ORGANICA (A).....	108
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (A).....	108
CHIMICA ORGANICA (B).....	108
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (B).....	109
COMPLEMENTI DI MATEMATICHE (1° MODULO).....	109
COMPLEMENTI DI MATEMATICHE.....	109
INFORMATICA.....	109
CHIMICA FARMACEUTICA.....	110
MINERALOGIA.....	110
Insegnamenti della tabella 2.....	110
CHIMICA FISICA (CRISTALLOCHIMICA).....	110
CHIMICA FISICA DEI SISTEMI DISPERSI E INTERFASI.....	111
CHIMICA FISICA DELLO STATO SOLIDO E DELLE SUPERFICI.....	112
CHIMICA TEORICA.....	112
ELETTROCHIMICA (ORGANICA).....	112
FOTOCHIMICA.....	113
CHIMICA BIOINORGANICA.....	113
STEREOCHIMICA INORGANICA.....	114
CHIMICA INORGANICA (APPLICAZIONI).....	114
CHIMICA INORGANICA (COMPLEMENTI).....	114
CHIMICA INORGANICA (CRISTALLOCHIMICA) I e II modulo.....	115
CHIMICA INORGANICA (REATTIVITÀ DEI COMPOSTI METALLORGANICI).....	115
CHIMICA METALLORGANICA (CATALISI OMOGENEA).....	116
CHIMICA DELLO STATO SOLIDO.....	116
METODOLOGIE AVANZATE DI SINTESI ORGANICA.....	117
CHIMICA BIOORGANICA.....	117
CHIMICA DEI COMPOSTI ORGANOMETALLICI.....	117
METODI FISICI AVANZATI IN CHIMICA ORGANICA.....	118
CHIMICA ORGANICA (COMPLEMENTI).....	119
STEREOCHIMICA ORGANICA.....	119
CHIMICA ORGANICA SUPERIORE.....	119
MECCANISMI DELLE REAZIONI ORGANICHE.....	120
NUOVI VETTORI ENERGETICI.....	121
CHIMICA SUPRAMOLECOLARE, 1° MODULO: SINTESI.....	121
CHIMICA SUPRAMOLECOLARE, 2° MODULO: APPLICAZIONI.....	121
CHIMICA ORGANICA INDUSTRIALE.....	121
RISONANZE MAGNETICHE: APPLICAZIONI IN CHIMICA INORG. E METALLORG.....	121
ELENCO DOCENTI DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE.....	123
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI.....</b>	<b>125</b>
NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI.....	126
ORGANIZZAZIONE DEL CORSO DI LAUREA.....	127
Attività formativa.....	127
Organizzazione didattica.....	127
Tabella degli insegnamenti opzionali.....	128
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI.....	131
PRIMO ANNO.....	132
FONDAMENTI DI CALCOLO NUMERICO.....	132
COMPLEMENTI DI MATEMATICA *.....	132
METODOLOGIE ANALITICHE PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO.....	132
CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE DI COMPOSTI ORGANICI.....	132
FISICA DELL'ATMOSFERA.....	133
TECNOLOGIE ELETTROCHIMICHE DI BONIFICA AMBIENTALE.....	133
L'IDROGENO COME VETTORE ENERGETICO.....	133
CHEMIOMETRIA.....	133

CHIMICA SUPRAMOLECOLARE, 1° MODULO: SINTESI .....	134
CHIMICA SUPRAMOLECOLARE, 2° MODULO: APPLICAZIONI .....	134
CHIMICA ORGANICA INDUSTRIALE .....	134
RISONANZE MAGNETICHE: APPLICAZIONI IN CHIMICA INORGANICA E METALLORGANICA .....	135
CHIMICA DEGLI ELEMENTI E QUALITÀ DELLA VITA .....	135
CHIMICA FISICA DEI SISTEMI DISPERSI E INTERFASI .....	135
FOTOCHIMICA .....	135
CHIMICA BIOINORGANICA.....	135
CHIMICA DELLO STATO SOLIDO.....	135
CHIMICA BIOORGANICA.....	135
STEREOCHIMICA ORGANICA.....	135
ELENCO DOCENTI DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI.....	136
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE.....</b>	<b>138</b>
NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE .....	139
Accesso alla Laurea Magistrale.....	139
Percorso formativo della Laurea Magistrale in CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE .....	139
Piani di studio individuali .....	145
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI.....	146
PRIMO ANNO .....	147
CHIMICA INDUSTRIALE (APPROFONDIMENTO) .....	147
LABORATORIO DI CHIMICA INDUSTRIALE (APPROFONDIMENTO) .....	147
PROCESSI E IMPIANTI IND.CHIMICI (APPROFONDIMENTO).....	147
OTTIMIZZAZIONE DELLE RISORSE AZIENDALI.....	148
COMPLEMENTI DI MATEMATICHE .....	148
ELETTROCHIMICA .....	148
LABORATORIO DI ELETTROCHIMICA .....	149
CHIMICA FISICA DELLA CATALISI.....	150
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA DELLA CATALISI.....	151
CORROSIONE E PROTEZIONE DEI MATERIALI METALLICI .....	151
CHIMICA FISICA DEI SISTEMI DISPERSI E DELLE INTERFASI .....	152
TERMODINAMICA E CINETICA CHIMICA APPLICATE .....	152
CATALISI INDUSTRIALE .....	152
PASSAGGI DI SCALA NEI PROCESSI CHIMICI.....	153
ELETTROCHIMICA INDUSTRIALE .....	153
METALLURGIA .....	153
CONCETTI E METODOLOGIE DI SINTESI ORGANICA.....	153
CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE DI COMPOSTI ORGANICI .....	154
CHIMICA BIOINORGANICA.....	154
CHIMICA ORGANICA APPLICATA .....	154
LABORATORIO DI CHIM. ORGANICA APPLICATA.....	155
FERMENTAZIONI E BIOTRASFORMAZIONI INDUSTRIALI CON LABORATORIO.....	155
CHIMICA ORGANICA INDUSTRIALE .....	156
CHIMICA DEI PRODOTTI NATURALI DI INTERESSE INDUSTRIALE .....	156
CHIMICA DEI PROCESSI BIOTECNOLOGICI .....	156
SINTESI E TECNICHE SPECIALI INORGANICHE.....	157
CHIMICA METALLOORGANICA .....	157
BIOCHIMICA INDUSTRIALE.....	157
BIOLOGIA MOLECOLARE .....	158
POLIMERI PER APPLICAZIONI MEDICHE .....	158
FOTOCHIMICA .....	158
SCIENZA DEI METALLI.....	158
CHIMICA DELLE MACROMOLECOLE.....	159
LABORATORIO DI CHIM.DELLE MACROMOLECOLE .....	159
CHIMICA FISICA DEI MATERIALI.....	159
LABORATORIO DI CHIM.FISICA DEI MATERIALI.....	160
CHIMICA E TECNOLOGIA DEI POLIMERI .....	160
CHIMICA INORGANICA DEI MATERIALI CON LABORATORIO .....	161
CHIMICA DELL'AMBIENTE E DEI BENI CULTURALI .....	161
FISICA DELLO STATO SOLIDO .....	161
PROVA DI ULTERIORI CONOSCENZE LINGUISTICHE.....	162

RICERCA BIBLIOGRAFICA.....	162
GESTIONE DELL'INNOVAZIONE .....	162
ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE .....	163
<b>Orario ricevimento dei docenti dei corsi di laurea chimici .....</b>	<b>164</b>

## **PRESENTAZIONE**

Questa é la Guida illustrativa dei Corsi di Laurea Chimici dell'Università degli Studi di Milano:

- Corso di Laurea Triennale in Chimica
- Corso di Laurea Triennale in Chimica Industriale
- Corso di Laurea Triennale in Chimica Applicata e Ambientale.
- Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche
- Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali
- Corsi di Laurea Magistrale in Chimica Industriale e Gestionale

Dopo la parte generale, che tratta le parti comuni dei corsi di laurea, troverete le note informative di ciascuno di essi, con l'organizzazione didattica ed i programmi degli insegnamenti.

Ricordiamo che i dati riportati in quest'opuscolo sono aggiornati al luglio 2005, ma eventuali variazioni - sempre possibili - saranno esposte nelle bacheche della Segreteria Didattica dei Corsi di Laurea (Via Venezian, 21 - Milano - tel. 02 50314419 - sito internet [www.segreteriadidattica.135.it](http://www.segreteriadidattica.135.it)) aperta al pubblico dal lunedì al venerdì, dalle ore 10 alle 12.



## INFORMAZIONI GENERALI SUI CORSI DI LAUREA CHIMICI

### Immatricolazioni

Le immatricolazioni si effettuano dal 18 luglio al 30 settembre pv utilizzando i terminali self-service dotati del servizio "SIFA on line" installati presso le varie sedi dell'Università oppure via Web, accedendo al servizio "SIFA on line".

Si consiglia di consultare la "Guida per l'Immatricolazione attraverso i terminali Self-service o via Web" (disponibile a breve in formato .pdf)

### Comunicazioni di servizio

**Ad ogni studente sarà assegnato un indirizzo di posta elettronica** del tipo <nome>.<cognome>@studenti.unimi.it (es. mario.rossi@studenti.unimi.it).

Gli studenti sono caldamente invitati a consultare con una certa frequenza la loro casella di posta elettronica, poiché in diverse occasioni verrà impiegato questo mezzo di comunicazione per avvisi e informazioni che rivestano carattere di urgenza, in aggiunta alle comunicazioni esposte nella apposita bacheca.

La casella di posta elettronica è consultabile anche via web all'indirizzo <http://mailstudenti.unimi.it> utilizzando come username le iniziali del cognome e nome seguite dal numero di matricola mentre la password è costituita dal numero pin ricevuto dalla Segreteria Studenti all'atto della consegna dei documenti per l'immatricolazione. A tal fine è anche possibile avvalersi delle postazioni informatiche pubbliche disponibili presso la Biblioteca Chimica (per altre informazioni si veda il prafagrato più avanti).

### Tutorato per le lauree triennali

Ciascuno studente iscritto al I anno sarà affidato ad un tutor. Questi sarà un professore o ricercatore ed avrà il compito di consigliare e guidare lo studente, accompagnandolo nel percorso degli studi universitari.

### Esoneri dalle tasse e contributi

In attuazione dell'art. 4 del D.M. n. 198 del 23.10.2003 (Fondo per il sostegno dei giovani e per favorire la mobilità degli studenti), l'Università degli Studi di Milano ha stabilito i criteri e le modalità per il rimborso parziale delle tasse e dei contributi agli studenti immatricolati ai corsi di laurea della classe 21 a decorrere dall'anno accademico 2003/2004.

Il beneficio del rimborso è concesso d'ufficio sulla base di un criterio che tiene conto del numero di crediti acquisiti alla data del 30 settembre dell'anno successivo a quello di iscrizione e della media dei voti pesata con i crediti (CFU). Per ogni anno di corso sarà stilata una graduatoria per classe come di seguito formulata:

- **N. CFU acquisiti al 30 settembre + media pesata dei voti x 1.5**

L'entità del rimborso è determinato in funzione del merito conseguito dallo studente e non può comunque superare l'importo complessivo di tasse e contributi universitari effettivamente versati dallo studente.

Il numero di beneficiari è determinato in funzione di un budget assegnato alla classe e per anno accademico. Sono rimborsabili esclusivamente la tassa di iscrizione e i contributi, (non rientrano nel rimborso la tassa regionale per il diritto allo studio e la quota di rimborso spese).

Per maggiori informazioni consultare il sito internet <http://studenti.unimi.it/segreterie/esonero.htm>

### Date di inizio e fine dei corsi

- 1° semestre: 28 settembre 2005 – 20 gennaio 2006
- 2° semestre: 6 marzo 2006 – 16 giugno 2006

### Orario Lezioni

Gli orari delle lezioni saranno esposti nell'atrio di via Venezian 21 e sulla pagina web dei Corsi di Laurea Chimici.

### Rubrica telefonica, indirizzi e email ed orario di ricevimento docenti

E' possibile reperire numeri telefonici e indirizzi email, nonché l'orario di ricevimento dei docenti, attraverso un procedimento di ricerca guidata accessibile dalla sezione "*chi e dove*" del portale [www.unimi.it](http://www.unimi.it)

### Progetto MiniMat (lauree triennali)

*Corsi di introduzione alla matematica per le matricole*

Le lacune nelle conoscenze matematiche di base, le carenze di preparazione e la mancanza di metodo rendono spesso difficile l'impatto con la Matematica presente, sotto vari aspetti, negli insegnamenti dei corsi di laurea a carattere scientifico. Per ridurre i problemi conseguenti (abbandono dei corsi, difficoltà a superare i relativi esami, ecc.) si invitano gli studenti ad aderire alle iniziative del progetto d'Ateneo MiniMat.

Il Progetto si articola in:

- una prova di accertamento delle nozioni matematiche di base (usualmente insegnate nel corso degli studi secondari) e che sono ritenute indispensabili per accedere ai Corsi di Studio delle Facoltà interessate al Progetto.
- attività propedeutiche (Minicorso di almeno 21 ore) che si svolgeranno prima dell'inizio delle lezioni con lo scopo di rivedere gli argomenti di base.

#### *Modalità di realizzazione*

- Per motivi organizzativi, chi vorrà sostenere la prova dovrà iscriversi alla prova stessa, secondo modalità analoghe a quelle illustrate alla pagina: <http://users.mat.unimi.it/users/minimat>
- Non sarà invece necessario essere già immatricolati all'atto dell'iscrizione alla prova.
- La prova di accertamento consisterà di un test con quesiti a risposta multipla.
- Gli esiti (anonimi) verranno resi noti nella giornata successiva al test.
- Coloro che in tale test avranno evidenziato lacune saranno invitati a seguire il minicorso.

Tempi e luoghi: Il test avrà luogo nella prima decade di settembre, e comunque in data tale da non sovrapporsi a prove di ammissione ai Corsi di Laurea a numero programmato.

Gli orari e il luogo di svolgimento della prova saranno comunicati all'atto dell'iscrizione alla prova stessa.

#### *Indirizzi utili - informazioni*

- <http://users.mat.unimi.it/users/minimat> : canale privilegiato per informazioni sempre aggiornate su modalità di iscrizione, data e luogo del test, calendario e luogo dei corsi. Alla stessa pagina si trova l'elenco delle abilità minime oggetto del test.
- <http://ariel.ctu.unimi.it/corsi/mirror/user/loginHome.asp> : test di autovalutazione
- <http://ariel.ctu.unimi.it/corsi/minimat> : materiale di autoistruzione

Le informazioni disponibili all'inizio di luglio saranno comunicate alle future matricole anche attraverso il libretto di immatricolazione.

### **Norme per il Tirocinio (lauree triennali)**

Ogni corso di laurea prevede, con diverse modalità e durate, lo svolgimento di un tirocinio.

L'attività di tirocinio è distinta in:

- 1) Tirocinio Esterno
- 2) Tirocinio Interno

#### *Tirocinio esterno*

Consiste in un'attività di carattere chimico svolta dallo studente presso Enti o Aziende pubblici o privati, sotto la guida di un Responsabile Aziendale (Relatore esterno) e la supervisione di un Tutore (Relatore interno).

#### *Tirocinio interno*

Consiste in un'attività di carattere chimico svolta dallo studente presso i Dipartimenti della facoltà di Scienze MM FF NN di questa Università sotto la guida di un Relatore, eventualmente coadiuvato da un Correlatore.

#### *Relatori ufficiali*

Il *Relatore Esterno*, o *Responsabile Aziendale* dell'inserimento del tirocinante nell'Azienda, è il garante nei confronti del Consiglio di Coordinamento Didattico dell'attività assegnata allo studente e del suo corretto svolgimento.

Il *Relatore Interno* (o *Tutore*) è il responsabile didattico-organizzativo dell'attività di tirocinio.

Possono essere Relatori Interni (Tutori) o Relatori i Docenti Ufficiali (anche fuori ruolo) di materie chimiche dei Corsi di Studio afferenti al Consiglio di Coordinamento Didattico in SCIENZE E TECNOLOGIE CHIMICHE e anche di altri Corsi di Studio purché operino all'interno o dei Dipartimenti Chimici o della Facoltà di Scienze MMFFNN.

#### *Correlatori*

Possono essere Correlatori di tirocinio interno

- Tutti i Docenti inclusi nella categoria dei Relatori Ufficiali
- I laureati cultori della materia di provata esperienza.

#### *Condizioni per l'ammissione all'attività di tirocinio e relativa durata*

Per essere ammesso a svolgere il tirocinio lo studente deve aver conseguito il numero minimo di CFU indicato nella sottoriportata tabella, che indica anche la durata del tirocinio per ciascuno dei corsi di laurea e di crediti cui da' luogo.

Corso di laurea	Requisito di CFU	Durata del	CFU previsti
-----------------	------------------	------------	--------------

	<b>per l'ammissione</b>	<b> tirocinio in ore</b>	
Chimica	132	225	9
Chimica Industriale	132	225	9
Chimica Applicata e Ambientale	120	525	21

Le domande di ammissione dovranno venire approvate dal Consiglio di Coordinamento Didattico, previo parere favorevole della Commissione Tesi e Tirocinio che ne esaminerà la congruità.

*Frequenza all'attività di tirocinio*

L'orario di svolgimento dell'attività di tirocinio viene concordato dallo studente con il Relatore Esterno e/o Interno.

**Sessioni di ingresso al tirocinio e delle sedute di Laurea**

Le domande per i tirocini - corredate di tutta la documentazione richiesta - potranno essere presentate alla Segreteria Didattica entro il 1° di ogni mese, **però solo dopo aver raggiunto il numero minimo di crediti richiesti**. L'inizio del Tirocinio potrà avvenire (previa approvazione del CCD) dal 1° del mese successivo a quello di presentazione della domanda, con la sola eccezione del mese di Agosto.

Gli studenti che intendessero iniziare il Tirocinio dal 1° di Settembre dovranno presentare la domanda entro il 15 di Luglio e saranno ammessi a frequentare il tirocinio in base al giudizio della Commissione Tirocini.

Una volta terminato il tirocinio é necessario consegnare alla Segreteria Didattica il verbale di fine tirocinio - utilizzando il modulo ivi distribuito o richiedibile via web o email a [chimp@unimi.it](mailto:chimp@unimi.it) - firmato dal/i relatore/i e controfirmato per presa visione. In questo modo si acquisiranno in carriera i previsti crediti formativi.

*Altre disposizioni*

Eventuali casi anomali verranno esaminati dalla Commissione Tesi e Tirocinio, che formulerà le proprie decisioni e le sottoporrà all'approvazione del Consiglio di Coordinamento Didattico.

Per essere ammesso a sostenere la prova finale lo studente deve aver superato tutti gli esami previsti dal piano di studio (compresa la prova di conoscenza della lingua inglese) ed aver ottenuto l'attestato di frequenza al tirocinio per un totale quindi di 174 CFU. L'attestato di frequenza al tirocinio dovrà essere firmato dal Relatore e dall'eventuale Correlatore per i tirocini interni, dai Relatori interno ed esterno per i tirocini esterni.

La prova finale, che consente di acquisire i restanti 6 CFU, consiste nella discussione di una relazione scritta, elaborata dallo studente sotto la guida di un relatore, inerente l'attività svolta nel tirocinio.

Le Sedute di Laurea si terranno nei periodi:

<b>Lauree triennali</b>	<b>Lauree magistrali</b>
maggio 2006	maggio 2006
luglio 2006	luglio 2006
ottobre 2006	ottobre 2006
dicembre 2006	marzo 2007
febbraio 2007	
aprile 2007	

## **REGOLAMENTO PER LO SVOLGIMENTO DELLE TESI DI LAUREA DEI CORSI DI LAUREA MAGISTRALE.**

### **1. Tesi di laurea**

Consistono in una dissertazione scritta su ricerche originali di carattere chimico compiute dallo studente sotto la guida di un Relatore, svolte nel laboratorio precisato nella domanda di ammissione.

### **2. Le tesi di laurea si distinguono in:**

- 1) Tesi Sperimentali Interne
- 2) Tesi Sperimentali Esterne

Si considerano *Tesi sperimentali interne* quelle svolte presso i Dipartimenti Chimici della Facoltà di Scienze MMFFNN dell'Università degli Studi di Milano

Si considerano *Tesi sperimentali esterne* quelle svolte presso altre strutture universitarie, o presso Enti pubblici dotati di strutture adeguate, su tematiche che non possono essere trattate all'interno dei Dipartimenti Chimici della Facoltà di Scienze. Sulla possibilità di svolgere queste Tesi si esprime il CCD.

### **3. Relatori ufficiali**

Il Relatore della Tesi di Laurea è il garante scientifico nei confronti del Consiglio di Coordinamento Didattico della ricerca assegnata al laureando e del suo corretto svolgimento. Il Relatore è unico.

Possono essere Relatori di Tesi tutti i docenti ufficiali degli insegnamenti di materie chimiche afferenti al Consiglio di Coordinamento Didattico in Scienze e Tecnologie Chimiche e i docenti ufficiali di altri Corsi di Laurea nonché i Ricercatori confermati, purché afferiscano a uno dei Dipartimenti Chimici della Facoltà di Scienze MM.FF.NN.

Il Relatore può essere coadiuvato da un massimo di due Correlatori.

### **4. Correlatori**

Possono essere Correlatori di Tesi:

- tutti i Docenti inclusi nella categoria dei Relatori Ufficiali,
- i Ricercatori, gli Assegnisti e i Dottorandi dell'Università degli Studi di Milano, purché prevedibilmente in servizio per tutto il periodo di svolgimento della Tesi
- i Docenti Ufficiali di altre Università e Politecnici anche stranieri
- i laureati, cultori della materia, dipendenti dall'Università degli Studi di Milano, inquadrati nel ruolo del personale non docente con livello uguale o superiore a D1, e i ricercatori del C.N.R. che operino all'interno dei Dipartimenti Chimici della Facoltà di Scienze MM.FF.NN.
- gli esperti, cultori della materia, designati dalle strutture ospitanti tesi sperimentali esterne

Casi particolari potranno essere presi in considerazione dal Consiglio di Coordinamento Didattico, qualora vengano coinvolte persone di particolare rilevanza scientifico-tecnica. In tal caso, il Relatore deve documentare brevemente per iscritto la competenza specifica del Correlatore proposto sull'argomento della ricerca di tesi.

### **5. Durata della tesi**

Il tempo richiesto per lo svolgimento della tesi di laurea è pari a:

- 50 CFU, ovvero 25X50 ore di lavoro effettive, per i corsi di Laurea Magistrale in Chimica Industriale e Gestionale e Scienze Chimiche Applicate e Ambientali;
- 51 CFU, ovvero 25X51 ore di lavoro effettive, per il Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche

### **6. Frequenza al laboratorio delle tesi sperimentali**

L'orario di frequenza del laboratorio di tesi è concordato dallo studente con il Relatore, tenendo conto del tipo di ricerca proposta per la tesi e degli impegni didattici dello studente.

### **7. Sessioni di ingresso in tesi e di laurea**

Le ammissioni in tesi avvengono il 1° dei mesi di: Ottobre, Gennaio, Marzo, Maggio e Luglio di ogni Anno Accademico.

### **8. Tesi sperimentali interne**

Lo studente, che intende svolgere una Tesi sperimentale interna, prima di iniziare il laboratorio di tesi deve darne comunicazione, tramite apposito modulo, al CCD che ne prenderà atto.

Il Relatore e/o il Correlatore devono sottoscrivere la domanda.

### 9. Tesi sperimentali esterne

Su richiesta motivata del Relatore Ufficiale, la Commissione Tesi e Tirocinio può proporre al CCD di autorizzare lo svolgimento della tesi sperimentale al di fuori della Facoltà di Scienze MM.FF.NN, nelle sedi indicate al paragrafo 2.

In tal caso, lo studente è tenuto a presentare domanda di ammissione al laboratorio di tesi esterna allegando:

- motivazione della richiesta di tesi sperimentale esterna (una cartella dattiloscritta) firmata dallo studente e controfirmata dal relatore.
- programma dettagliato delle ricerche (una cartella dattiloscritta)
- una dichiarazione del responsabile della Struttura ospitante che attesti la disponibilità ad ospitare gratuitamente il laureando e a concedergli, sempre a titolo gratuito, l'uso delle attrezzature scientifiche.

Le domande devono essere presentate con congruo anticipo in modo che possano essere approvate dal CCD del mese precedente l'ingresso in Tesi.

### Regolamento per lo svolgimento del tirocinio per i corsi di laurea magistrale in Scienze Chimiche e in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali

Per il tirocinio, pari a 9 CFU, da svolgersi prima del laboratorio di tesi, lo studente deve:

- presentare sull'apposito modulo domanda indicando l'argomento del Tirocinio ed il nome del Tutor responsabile;
- al termine di tale Tirocinio, compilare l'apposito modulo che, sottoscritto dal responsabile del Tirocinio stesso, sarà consegnato alla Segreteria Didattica per l'acquisizione dei CFU.

Tutor di Tirocinio possono essere tutti coloro che possono svolgere la funzione di Relatore di Tesi.

### Programmi degli Insegnamenti

In questo volume sono riportati i programmi degli insegnamenti per ognuno dei corsi di laurea.

### Informazioni sulla didattica

Per informazioni su orari, programmi e tutto ciò che riguarda la didattica rivolgersi alla Segreteria Didattica dei Corsi di Laurea Chimici (atrio via Venezian 21 - aperta al pubblico dal lunedì al venerdì dalle 10 alle 12).

### Iscrizione agli esami e ai laboratori

L'iscrizione agli esami avviene, di norma, per mezzo dei terminali self service SIFA dislocati nelle varie sedi dell'ateneo oppure da qualsiasi personal computer, collegandosi al sito internet <http://studenti.unimi.it>

Si ricorda agli studenti che le iscrizioni (o le cancellazioni) agli appelli d'esame chiudono generalmente cinque giorni prima della data d'esame.

L'iscrizione ai laboratori si eseguirà per mezzo dei terminali self service del SIFA o con altre modalità che saranno successivamente comunicate. Gli studenti verranno iscritti in unico turno per poi essere ridistribuiti in occasione di una riunione preliminare.

### Presentazione dei piani di studio (lauree triennali)

All'inizio del secondo anno di corso, secondo le norme indicate dall'art. 16 del Regolamento Didattico della Facoltà, gli studenti presentano il piano di studi individuale indicante in qual modo intendono utilizzare i crediti a loro disposizione.

Il piano studi si presenta normalmente via web, attraverso il portale di servizi agli studenti <http://studenti.unimi.it>. Per casi particolari è disponibile un modulo cartaceo, da ritirare e riconsegnare alla Segreteria Studenti di via Celoria, 16.

Prima della presentazione gli studenti sono caldamente invitati a prendere contatto con la Commissione Piani Studio, che ha anche compiti di orientamento sia per la compilazione dei Piani sia per gli studenti che hanno in corso pratiche di opzione e/o di trasferimento.

Gli studenti in procinto di laurearsi, ai quali manchino non più di tre esami prima della prova finale di laurea, possono presentare per esposto, a sanatoria, domanda di modifica del proprio piano di studio. La domanda sarà sottoposta all'eventuale approvazione da parte del Consiglio di Coordinamento Didattico (CCD) e deve essere presentata alla Segreteria Studenti in tempo utile affinché la stessa pervenga al CCD prima della sua ultima riunione antecedente la data di scadenza per la presentazione della domanda di ammissione alla prova finale. L'approvazione da parte del CCD in una sua seduta successiva a tale termine comporterà, necessariamente, lo slittamento della prova finale ad una Seduta di Laurea successiva.

### Calendario appelli esami di profitto

Febbraio 2006	2 appelli
Giugno 2006	1 appello
Luglio 2006	2 appelli
Settembre 2006	2 appelli
Gennaio 2007	1 appello

**Biblioteca Chimica**

Al I piano dell'edificio dei dipartimenti chimici si trova la Biblioteca Chimica, che offre agli studenti i seguenti servizi:

- Internet point
- Consultazione banche dati
- Riviste elettroniche
- Prestito libri
- Document Delivery
- Informazioni bibliografiche
- Fotocopie

Per ulteriori informazioni su questi servizi é possibile consultare il sito internet della struttura <http://bibscienze.unimi.it/chimica/>

**CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA**





## NOTE ILLUSTRATIVE AL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA

Il Corso universitario di laurea in Chimica ha la durata di tre anni e ha lo scopo di fornire agli studenti una solida preparazione sia teorica sia sperimentale per affrontare le varie problematiche della chimica moderna: studio della struttura e delle proprietà delle molecole; sintesi di nuovi composti di interesse industriale, farmacologico e medico; utilizzo di nuovi metodi di analisi chimica in campo industriale, ambientale e sanitario.

L'itinerario didattico è articolato in sei semestri e prevede nei primi due anni l'acquisizione di una solida preparazione di base sia in materie chimiche (chimica analitica, chimica fisica, chimica inorganica e chimica organica), sia in matematica, fisica ed informatica.

Il terzo anno comprende in larga misura anche attività professionalizzanti, un tirocinio applicativo e la prova finale.

L'apprendimento delle competenze e delle professionalità da parte degli studenti è computato in crediti formativi. In linea di massima, ad ogni credito corrispondono:

- nel caso di lezioni, 8 ore di insegnamento in aula e 17 ore di studio individuale;
- nel caso di esercitazioni e laboratori, 16 ore di attività pratica e 9 ore di studio individuale;
- nel caso del tirocinio, 25 ore di attività pratica.

L'attività didattica comprende un totale di 180 crediti equamente distribuiti nell'arco dei tre anni. Le attività corrispondenti al tirocinio, prevalentemente rivolte all'utilizzo di strumentazione tecnologicamente avanzata, sono svolte, di preferenza, presso aziende ed enti, mediante stipula di apposite convenzioni, oppure presso laboratori dell'Università degli Studi di Milano. È prevista una prova di accertamento della lingua inglese.

**ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI**

La numerazione < > si riferisce al numero degli esami da sostenere. Gli insegnamenti indicati con lo stesso numero prevedono un unico voto d'esame.

**PRIMO ANNO**

codice	insegnamento		crediti	SSD <sup>1</sup>
<b>I semestre</b>				
F45001	Istituzioni di Matematiche	<1>	9	MAT/05
F45002	Chimica Generale e Inorganica	<2>	7	CHIM/03
	Laboratorio di Chimica Generale e Inorganica		5	
F45003	Fisica Generale I	<3>	7	FIS/01
<b>II semestre</b>				
F45004	Chimica Organica I	<4>	7	CHIM/06
	Laboratorio di Chimica Organica I		5	
F45005	Chimica Analitica I	<5>	7	CHIM/01
	Laboratorio di Chimica Analitica I		5	
F45007	Calcolo Numerico	<6>	5	MAT/08
F45008	Laboratorio Informatico	<7>	3	INF/01

**SECONDO ANNO**

codice	insegnamento		crediti	SSD
<b>I semestre</b>				
F45009	Chimica Fisica I	<8>	7	CHIM/02
	Laboratorio Chimica Fisica I		5	
F45010	Chimica Inorganica I	<9>	7	CHIM/03
	Laboratorio di Chimica Inorganica I		5	
F45011	Fisica Generale II	<10>	7	FIS/01
<b>II semestre</b>				
F45012	Chimica Analitica II	<11>	6	CHIM/01
	Laboratorio di Chimica Analitica II		4	
F45013	Chimica Organica II	<12>	7	CHIM/06
	Laboratorio di Chimica Organica II		5	
F45018	Sicurezza e legislazione in ambito chimico	<13>	6	IUS/01

**TERZO ANNO**

codice	Insegnamento		crediti	SSD
<b>I semestre</b>				
F45015	Accertamento lingua Inglese <sup>2</sup>	<14>	3	-
F45016	Controllo qualità e Certificazione	<15>	6	SECS-P/08
F45017	Chimica Fisica II	<16>	7	CHIM/02
	Laboratorio di Chimica Fisica II		5	
F45014	Chimica Biologica	<17>	7	BIO/10
<b>II semestre</b>				
F45019	Chimica dell'Ambiente	<18>	6	CHIM/12
-----	Corso a scelta	<19>	6	-
-----	Corso a scelta	<20>	6	-
-	Tirocinio		9	-
	Prova Finale		6	-

Dodici crediti sono a disposizione dello studente per essere destinati ad insegnamenti liberamente scelti tra quelli attivati presso la Facoltà di Scienze M.F.N. o altre Facoltà ("Corso a scelta" della precedente tabella). Per facilitare una scelta di tali insegnamenti coerente con gli obiettivi formativi del corso di laurea, sono attivati gli insegnamenti opzionali riportati nella seguente Tabella, con l'indicazione del semestre di svolgimento.

<sup>1</sup> Settore Scientifico-Disciplinare

<sup>2</sup> Trattandosi di un semplice accertamento, lo studente può sostenere la prova anche prima del terzo anno.

**INSEGNAMENTI A SCELTA**

	<b>codice</b>	<b>insegnamento</b>	<b>crediti</b>	<b>SSD</b>
1.	F44019	Metodi di indagine strutturale di materiali inorganici	6	CHIM/03
2.	F45021	Chimica dei composti di coordinazione	6	CHIM/03
3.	F45022	Strutturistica chimica	6	CHIM/03
4.	F45023	Chimica Fisica (complementi)	6	CHIM/02
5.	F45024	Chimica computazionale	6	CHIM/02
6.	F45025	Chimica teorica (quantistica)	6	CHIM/02
7.	F45026	Elettrochimica	6	CHIM/02
8.	F45027	Chimica Organica (applicata)	6	CHIM/06
9.	F45029	Chimica delle sostanze organiche naturali	6	CHIM/06
10.	F45020	Chimica dei composti eterociclici	6	CHIM/06
11.	F45031	Chimica delle macromolecole	6	CHIM/04
12.	F45030	Metodi Fisici in Chimica Organica	6	CHIM/06

**Propedeuticità**

Gli esami indicati come I corso devono essere sostenuti prima dei corrispondenti esami indicati come II corso. Si consiglia, comunque, di sostenere gli esami di ciascun semestre prima di sostenere quelli dei semestri successivi.

**Insegnamenti disattivati**

Dall'a.a. 2003-2004 viene disattivato il corso F45028 Sintesi e tecniche speciali organiche

**Eventuale accesso alle lauree specialistiche**

Lo studente che ha conseguito la laurea in Chimica potrà iscriversi senza debiti formativi alla LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE.

Altre lauree specialistiche di area chimica sono la LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI e la LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE.

**PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI**

## PRIMO ANNO

### ISTITUZIONI DI MATEMATICHE

Crediti didattici 9 (8 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)

Prof.ssa Stefania De Stefano

Il corso di Istituzioni di Matematiche si propone di fornire allo studente i concetti matematici e le tecniche di calcolo di più frequente utilizzo nelle applicazioni.

Lo studente che inizia il corso deve conoscere le principali nozioni di Algebra, Geometria Analitica e Trigonometria. Non è invece indispensabile avere seguito in precedenza corsi di Analisi Matematica.

- *I numeri* - Interi, razionali, reali; ordinamento; potenze e radicali, esponenziali e logaritmi; numeri complessi. (12 ore)
- *Vettori e matrici, sistemi lineari* - Operazioni fra vettori; rette e piani nello spazio; matrici e loro algebra, determinanti; autovalori ed autovettori. (8 ore)
- *Successioni e serie* - Successioni e loro limiti, monotonia, confronti, limiti notevoli. Cenni alle serie numeriche (in particolare geometrica). (8 ore)
- *Funzioni di una variabile reale* - Limiti, continuità, asintoti; funzioni elementari e loro grafici; composta e inversa. (8 ore)
- *Calcolo differenziale in una variabile* - Derivate, massimi e minimi, studi di funzione; formula e serie di Taylor, approssimazioni. (8 ore)
- *Calcolo integrale in una variabile* - Integrale e area, primitive (immediate, per decomposizione, sostituzione e per parti), teorema fondamentale del calcolo; applicazioni fisiche e geometriche; integrali generalizzati. (8 ore)
- *Funzioni di più variabili* - Derivate parziali, gradiente, Hessiano; ottimizzazione in due variabili. (6 ore)
- *Equazioni differenziali ordinarie* - Del primo ordine lineari e a variabili separabili, del secondo ordine lineari a coefficienti costanti; condizioni iniziali, teorema di esistenza e unicità. (6 ore)
- *Esercitazioni* - Risoluzione di esercizi e problemi (16 ore)

#### Testi consigliati:

- per il corso: C. Pagani e S. Salsa: *MATEMATICA per i Diplomi Universitari*, Ed. Masson-Zanichelli
- per il precorso: F. Buzzetti e B. Lussi: *Elementi di matematica per l'accesso alle facoltà scientifiche*, Ed. Città Studi
- Eserciziario: B. P. Demidovic: *Esercizi e problemi di Analisi matematica*. Editori Riuniti.

### CHIMICA GENERALE E INORGANICA

Crediti didattici 7 (6 CFU lezioni + 1 CFU esercitazioni)

Prof. Sergio Cenini

#### *Atomi e loro struttura*

Particelle elementari presenti nell'atomo. Isotopi, simboli degli elementi, pesi atomici relativi e assoluti. Difetto di massa. La quantizzazione dell'energia. Teoria di Bohr per l'atomo di idrogeno. Introduzione alla meccanica quantistica. Rappresentazione grafica degli orbitali e della densità elettronica radiale. Classificazione degli orbitali e numeri quantici. Principio di esclusione di Pauli e regola di Hund (9 ore).

#### *Il sistema periodico degli elementi*

La tavola periodica degli elementi. Energia di ionizzazione. Affinità elettronica (2 ore).

#### *Il legame chimico*

Il legame ionico. Il legame covalente. Strutture di Lewis. Il legame dativo. Elettronegatività. Mesomeria e risonanza. Legame coordinativo. Legame di idrogeno. Interazioni elettrostatiche. Legame covalente e geometria molecolare. Orbitali ibridi. Orbitali molecolari. OM Localizzati e delocalizzati. Legami tricentrici. Legame chimico nei metalli. Isolanti e semiconduttori (12 ore).

#### *Lo stato solido e gassoso*

Raggi atomici. Cristalli molecolari. Cristalli ionici. Altre strutture cristalline. La pressione. Leggi dei gas. Comportamento dei gas reali (2 ore).

#### *Termodinamica chimica*

Sistemi e funzioni di stato. Lavoro e calore. Primo principio della termodinamica. Calore di reazione e entalpia. Energia di legame e calore di reazione. Entropia e secondo principio della termodinamica. Terzo principio della termodinamica. Energia libera e costante di equilibrio. Dipendenza della costante di equilibrio dalla temperatura (5 ore).

#### *Stato liquido e soluzioni*

Regola delle fasi. Tensione di vapore delle soluzioni e legge di Rault. Punto di ebollizione e punto di congelamento di una soluzione. La distillazione. Soluzioni sature e solubilità. La pressione osmotica. Solubilità dei gas nei liquidi. Lo stato colloidale. Coefficienti di attività (3 ore).

#### *Velocità di reazione*

Ordine di reazione. Processi elementari e meccanismo di reazione. Energia di attivazione. Dipendenza della velocità di reazione dalla temperatura. Reazioni fotochimiche. Velocità di reazione e equilibrio chimico. I catalizzatori (3 ore).

#### *Acidi e basi*

Teoria di Arrhenius degli acidi e delle basi. Acidi e basi secondo Brønsted e Lewis. Forza degli acidi e delle basi. Prodotto ionico dell'acqua e pH (2 ore).

#### *Elettrochimica*

Conducibilità elettrica delle soluzioni acquose. Energia libera e lavoro elettrico. Le pile. Potenziali di ossido-riduzione. Titolazioni potenziometriche. Misure potenziometriche del pH. L'elettrolisi. Sovratensione. Pile di pratico impiego (6 ore).

#### *Composti di coordinazione*

Il legame coordinativo. Primi sviluppi. Teoria del legame di valenza. Leganti polidentati e chelanti. Leganti a ponte. Carbonilmetalli e cianometallati. I composti di coordinazione in chimica analitica. Isomeria nei composti di coordinazione (2 ore).

#### *Radioattività e chimica nucleare*

Stabilità nucleare e radioattività. Radiazioni alfa, beta e gamma. Famiglie radioattive nucleari. Radioattività artificiale. Impiego degli atomi radioattivi. Fissione e fusione nucleare (2 ore).

#### *Chimica Inorganica*

Proprietà periodiche. Gli ossidi e gli idruri. Idrogeno e ossigeno. I gas nobili. Gli alogeni. Lo zolfo. Azoto e fosforo. Carbonio e silicio. Boro e alluminio. I metalli alcalini. Rame, argento e oro. I metalli alcalino terrosi. Zinco e mercurio. Il cromo. Il manganese. Il ferro (12 ore).

#### Testi consigliati

- L. Malatesta, S. Cenini, *Principi di Chimica Generale con esercizi*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano (1989).
- L. Malatesta, *Compendio di Chimica Inorganica*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano (1992).

### **LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA**

*Crediti didattici 5 (3,25 CFU di esercitazioni numeriche + 1,75 CFU di laboratorio)*

Prof. Fabio Ragaini

Unità di massa atomica. Numero di Avogadro. Mole. Peso atomico, peso molecolare, peso formula. Formule chimiche. Rapporti in peso tra gli elementi che compaiono in una formula. Calcolo della composizione in peso data una formula. Rapporti in moli e in peso nelle reazioni chimiche. Equazioni chimiche bilanciate; reagenti in difetto e in eccesso, agente limitante. Resa, conversione e selettività di una reazione. Nomenclatura di base dei composti inorganici. Tipi di reazioni chimiche: acido-base, ossido-riduzione. Bilanciamento delle equazioni chimiche, anche di ossido-riduzione. Equivalente. Unità di concentrazione. I gas ideali e le equazioni che li governano. Costanti di equilibrio. Elettroliti forti e deboli. Soluzioni neutre, acide e basiche. pH e pOH. Ioni complessi. Solubilità e prodotto di solubilità. Elettrochimica. Elettrolisi. Leggi di Faraday. Potenziali elettrodi di riduzione. Equazione di Nernst. Calcolo della f.e.m. di una pila.

Ad integrazione delle esercitazioni numeriche in aula vengono effettuate esercitazioni pratiche di laboratorio. Le esercitazioni includeranno quattro esperienze di sintesi inorganiche e tre esercitazioni di chimica analitica con il metodo tradizionale.

Il corso viene articolato in: 52 ore di esercitazioni numeriche (3,25 crediti) e 7 esperienze di laboratorio che non richiedono ulteriore studio a casa (28 ore, 1,75 crediti). La teoria relativa agli argomenti trattati nelle esercitazioni svolte viene affrontata nel corso di Chimica generale e Inorganica.

#### Testi consigliati

- A. Clerici, S. Morrocchi, *Esercitazioni di Chimica*, Ed. Spiegel
- A. Ceriotti, F. Porta, *Esercizi di Stechiometria*, Vol III, CUSL.
- M. Freni, A. Sacco, *Stechiometria*, Casa editrice Ambrosiana.

### **FISICA GENERALE I**

*Crediti didattici 7*

prof. Michelangelo Fazio

1. *Grandezze fisiche.*

Grandezze fisiche e unità di misura. Campioni e loro requisiti. Il Sistema Internazionale. Dimensioni di una grandezza (2 h).

2. *Vettori. Grandezze scalari e vettoriali.*

Algebra vettoriale: somma, differenza, componenti, versori, prodotto scalare e vettoriale (1 h).

3. *Teoria degli errori.*

Errori sistematici e casuali. Valor medio. Errore assoluto, relativo, percentuale. Deviazione standard. Curva di Gauss. Propagazione degli errori (2 h).

4. *Cinematica.*

Punto materiale. Legge oraria del moto. Equazioni parametriche. Equazione della traiettoria. Velocità e accelerazione media e istantanea. Moto rettilineo uniforme, uniformemente accelerato, vario, curvilineo, circolare uniforme, armonico semplice, dei gravi, su piano inclinato. Accelerazione tangenziale e centripeta (4h).

5. *Dinamica del punto.*

Forza. Leggi della dinamica. Principio di azione e reazione; reazioni centrifughe e forze centripete. Misura di masse e di forze. Forze elastiche: il dinamometro. Molle ideali. Forze di attrito. Pendolo semplice. Centro di massa. Baricentro. Moto del centro di massa e principi di conservazione. Quantità di moto, impulso e forze impulsive. Urti (7 h).

6. *Lavoro ed Energia.*

Lavoro elementare. Lavoro come area. Lavoro motore e resistente. Forze motrici e resistenti. Energia cinetica. Forze posizionali o conservative. Energia potenziale e campi conservativi. Energia meccanica totale e principio di conservazione dell'energia. Potenza. Urti elastici e anelastici. Equilibrio in campi conservativi. Sistema massa-molla. Energia nel moto armonico. Gravitazione universale (6 h)

7. *Dinamica dei corpi rigidi.*

Momento meccanico. Momento angolare. Energia cinetica di corpi rigidi in rotazione. Momento d'inerzia. Equazioni cardinali della dinamica dei corpi rigidi. Sistemi isolati meccanicamente. Conservazione del momento angolare (4 h).

8. *Fluidi.*

Pressione. Comprimibilità e viscosità. Principi di isotropia e di Pascal. Regimi di moto. Equazione di continuità; portata. Principio di Bernoulli. Principi di Stevino e di Archimede. Esperimento di Torricelli. Capillarità. Leggi di Poiseuille (4 h).

9. *Calore e temperatura.*

Calore. Temperatura. Conduttori e isolanti termici. Equilibrio termico. Scale termiche. Leggi empiriche dei gas. Lo zero assoluto. Dilatazione termica. Termometri. Calore specifico e capacità termica. Equivalenza calore-lavoro. Propagazione del calore. Legge di Fourier: conducibilità termica. Calorimetri e termos. Cambiamenti di stato (3 h).

10. *Teoria cinetica.*

Legge di Joule-Clausius. Velocità quadratica media. Energia interna di un gas perfetto. Equazione di stato di Clapeyron. Gradi di libertà ed equipartizione dell'energia. Distribuzione di Maxwell (3h).

11. *Primo principio della termodinamica.*

Reversibilità e irreversibilità. Lavoro di espansione. L'energia interna. Primo principio per un gas perfetto. Energia interna di un gas perfetto ed espansione libera. Calori specifici molari e l'equipartizione dell'energia. Equazioni di Poisson (5 h).

12. *Secondo principio della termodinamica.*

Trasformazioni calore-lavoro. Cicli termodinamici e loro rappresentazione nel piano (p,V). Macchine termiche e macchine frigorifere. Il II principio nelle formulazioni di Kelvin, Planck e Clausius (4 h).

Testi adottati

- M.Fazio, *Fisica Generale* – vol.I, ed.CEA, Milano
- M.Fazio, *Termologia, Teoria cinetica, Termodinamica*, Edises, Napoli
- M.Fazio, P.Guazzoni, *Problemi di Fisica Generale*, CEA, Milano
- M.Fazio, *Quesiti di Fisica-* voll.I-II, Mondadori, Milano

**CHIMICA ORGANICA I**

Crediti didattici 7 (52 ore di lezione + 8 ore di esercitazione)

Prof. Francesco Sannicolò

IL LEGAME NELLE MOLECOLE ORGANICHE E LA LORO STRUTTURA (1 ora).

Richiami: Struttura atomica e configurazione elettronica degli elementi, orbitali atomici, orbitali ibridi, elettronegatività, legame ionico e covalente (singolo, doppio, triplo), orbitali molecolari, energia di legame, risonanza, acidi e basi (Brønsted, Lewis), legame ad idrogeno.

LE REAZIONI ORGANICHE (1 ora).

Richiami: Basi termodinamiche e cinetiche, costanti di equilibrio e velocità, energia di attivazione, catalizzatori, intermedi di reazione e stati di transizione. Meccanismi fondamentali di rottura e formazione dei legami covalenti: omolisi, eterolisi, radicali, nucleofili, elettrofili, carbanioni, carbocationi, carbeni.

GRUPPI FUNZIONALI-CLASSI DI COMPOSTI ORGANICI-NOMENCLATURA IUPAC (2 ore).

Breve descrizione dei gruppi funzionali fondamentali in chimica organica

ALCANI (4 ore)

Alcani a catena lineare, ramificata e ciclica; cicloalcani piccoli, medi e grandi e loro proprietà conformazionali, steriche ed elettroniche. Sintesi e Reattività.

STEREOCHIMICA ORGANICA

a- Stereochimica statica

Confronto esterno: isomeria. Omomeri, isomeri costituzionali, stereoisomeri configurazionali, enantiomeri e diastereoisomeri. Chiralità. Elementi stereogenici, stereocentro e doppi legami. Descrittori di stereogenicità e prostereogenicità: E,Z,R,S,Si,Re. Confronto interno: omotopismo, eterotopismo costituzionale, enantiotopismo e diastereotopismo.

b- Stereochimica Dinamica

Analisi conformazionali: rotori semplici, cicloesani (5 ore)

ALOGENOALCANI (4 ore)

Struttura e proprietà chimiche, classificazione e nomenclatura. Sintesi e Reattività.

ALCOLI E DIOLI (3 ore)

Struttura e proprietà chimiche, classificazione e nomenclatura, proprietà fisiche. Sintesi e Reattività.

TIOLI (1 ora)

Struttura e proprietà chimiche, nomenclatura, proprietà fisiche. Sintesi e Reattività.

ETERI E TIOETERI (1 ora)

Struttura e proprietà chimiche, nomenclatura. Sintesi e Reattività.

OSSIRANI (2 ore).

Struttura e proprietà chimiche, nomenclatura, proprietà fisiche. Sintesi e Reattività.

ALCHENI, DIENI E TRIENI (6 ore).

Struttura e proprietà chimiche, classificazione, stereoisomeria e nomenclatura. Sistemi ciclici insaturi. Cenno ai sistemi aromatici: condizioni per l'aromaticità e conseguenze sulla reattività. Sistemi aromatici carbociclici e eterociclici: pirrolo e piridina. Sintesi e Reattività.

ALCHINI (2 ore)

Struttura e proprietà chimiche, nomenclatura, proprietà fisiche. Sintesi e Reattività.

ALDEIDI E CHETONI (7 ore)

Struttura e proprietà chimiche, nomenclatura. Enoli e enolati. Sintesi e Reattività.

COMPOSTI CARBONILICI  $\alpha$ ,  $\beta$ -INSATURI

Struttura e proprietà chimiche, nomenclatura. Sintesi: Deidroalogenazione di alogenoderivati; reazione di Wittig con ilidi stabilizzate; ossidazione di alcoli allilici. Reattività: Idrogenazione; riduzione monoelettronica. Addizioni nucleofile: regioselettività, addizioni coniugate, addizioni di carbanioni, addizioni di Michael. (2 ore).

AMMINE (3 ore)

Struttura, classificazione, nomenclatura, proprietà chimiche, basicità. Sintesi e Reattività.

ACIDI CARBOSSILICI (3 ore)

Struttura, nomenclatura, proprietà chimiche, acidità, proprietà fisiche. Sintesi e Reattività.

ESTERI E LATTONI (2 ore)

Struttura, nomenclatura, proprietà chimiche. Sintesi e Reattività.



AMMIDI, LATTAMI E IMMIDI (1 ora).

Struttura, classificazione, nomenclatura, proprietà chimiche, acidità e basicità. Sintesi e Reattività.

NITRILI (1 ora)

Struttura, nomenclatura, proprietà chimiche, acidità e basicità. Sintesi e Reattività.

CLORURI ACILICI, ANIDRIDI E CHETENI (1 ora)

Sintesi e Reattività. Sintesi e Reattività.

Libri di testo consigliati:

- F. A. Carey, *Organic Chemistry, International Edition*, McGraw-Hill, 1992.
- W.H.Brown, *Chimica Organica*, Edises, 1997.
- J. Clayden, N.Greeves, S. Warren, P. Wothers, *Organic Chemistry*, Oxford University Press, 2002

## **LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA I corso A e B**

*Crediti didattici 5*

Prof.ssa Giovanna Speranza - Dott.ssa Clelia Giannini

*Lezioni teoriche (1 CFU)*

- Problemi di sicurezza e prevenzione degli infortuni nel laboratorio di chimica organica.
- Introduzione alle principali tecniche di isolamento e purificazione dei composti organici: cristallizzazione, estrazione con solventi, distillazione semplice e frazionata, cromatografia.
- Cenni di spettroscopia IR.
- Aspetti sperimentali delle seguenti reazioni : ossidazioni, riduzioni, sostituzioni nucleofile SN1 e SN2, condensazioni, esterificazioni.

*Esercitazioni di laboratorio (4 CFU)*

- Esecuzione individuale da parte dello studente delle operazioni fondamentali del laboratorio di chimica organica quali : cristallizzazione, determinazione del punto di fusione, estrazione acido-base, distillazione, cromatografia su strato sottile e su colonna.
- Esecuzione individuale da parte dello studente di alcune delle più comuni reazioni della chimica organica: riduzione, ossidazione, esterificazione, condensazione crotonica, sostituzione nucleofila.

Testi consigliati:

- M. D'Ischia, *La Chimica Organica in Laboratorio*, Piccin, Padova, 2002
- J.C. Gilbert and S.F. Martin, *Experimental Organic Chemistry*, Saunders College Publishing, Philadelphia, 1998

## **CHIMICA ANALITICA I**

*Crediti didattici 7*

Prof. Patrizia Mussini

Insegnamento mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica Industriale.

## **LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA I**

*Crediti didattici 5*

Dott.ssa Vittoria Guglielmi

- Lezioni: norme di sicurezza, good laboratory practice, illustrazione delle metodiche delle esperienze di laboratorio; richiami sulle tecniche analitiche conduttimetriche e potenziometriche [Totale 8 ore]
- Esercitazioni numeriche su preparazione di soluzioni a titolo noto, calcoli relativi a titolazioni, elaborazione e trattamento statistico dei dati analitici. [Totale 12 ore]

*Esercitazioni pratiche:*

- Analisi volumetrica: preparazione di soluzioni standard, titolazioni acido base (standardizzazione di NaOH con KHP, di HCl con TRIS, titolazione dell'acidità dell'aceto e del vino con NaOH), titolazioni con formazione di complessi (standardizzazione di EDTA con ZnO, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> con EDTA), titolazioni per precipitazione (standardizzazione di AgNO<sub>3</sub> con KCl secondo metodo di Mohr e secondo metodo di Fajans, determinazione dei cloruri con i due metodi), titolazioni per ossidoriduzione (standardizzazione del sodio tiosolfato con potassio iodato, titolazione iodometrica dell'acido ascorbico) [Totale 24 ore]

- Conduttimetria: taratura del conduttimetro, misure dirette di conducibilità specifica e molare, titolazioni conduttimetriche acido/base (HCl, HCl +CH<sub>3</sub>COOH con NaOH) [Totale 4 ore]
- Potenzimetria: costruzione di elettrodo ionoselettivo, sua taratura e uso per determinazione diretta di pIone); standard e misure dirette di pH, titolazioni acido/base (HCl, HCl +CH<sub>3</sub>COOH con NaOH, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> con HCl) seguite per pH-metria, con riconoscimento di amminoacidi incogniti; titolazioni per ossidoriduzione (Fe<sup>2+</sup> con MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>) e per precipitazione (Cl<sup>-</sup> + I<sup>-</sup> con AgNO<sub>3</sub>) seguite potenziometricamente; titolazione complessometrica seguita potenziometricamente (Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> con EDTA), durezza totale e parziale delle acque e indice di Langelier; [Totale 16 ore]
- Analisi completa di un campione di acqua minerale commerciale [Totale 4 ore]
- Voltammetria Esercitazioni di voltammetria ciclica e polarografia [Totale 4 ore]

S'invitano gli studenti ad iscriversi al corso entro il 31 gennaio 2006 presso lo studio della prof.ssa Patrizia Mussini.

## CALCOLO NUMERICO

Crediti didattici 5 (4 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)

Prof.ssa Flavia De Tisi

- Nozioni introduttive su errori dovuti alla rappresentazione dei numeri. Tipi di errore, propagazione, stima e maggiorazione. Mal condizionamento, stabilità (2 ore).
- Sistemi lineari. Metodi diretti (eliminazione di Gauss, diagonalizzazione, fattorizzazione A= LU). Metodi iterativi (Jacobi, Gauss-Seidel), condizioni di convergenza. Mal-condizionamento di matrice, numero condizione. Cenni all'inversione di matrice. (6 ore)
- Equazioni non lineari. Metodi iterativi, condizioni di convergenza, velocità di convergenza, test di fine iterazione. Metodi di bisezione, secanti, Newton, punto fisso. (2 ore)
- Approssimazione polinomiale di funzioni e dati. Interpolazione polinomiale: Formule di Lagrange e Newton, errore di interpolazione. Funzioni splines cubiche naturali. Minimi quadrati nel discreto. Regressione lineare, coefficiente di correlazione. (10 ore)
- Concetti statistici elementari. Distribuzioni, cenni a test statistici e intervalli di confidenza.(3 ore)
- Integrazione numerica. Formule di Newton-Cotes (punto medio, trapezi, Cavalieri-Simpson), formule composite. (2 ore)
- Equazioni differenziali ordinarie del primo ordine. Richiamo del teorema di esistenza e unicità. Metodi ad un passo (Eulero, Heun, Runge – Kutta). Ordine di un metodo. Analisi degli errori con riferimento al metodo di Eulero. Propagazione degli errori, stabilità. Metodi a più passi (cenni) (7 ore).
- Esercitazioni (16 ore)

### Testi consigliati:

- A.Quarteroni, F.Saleri, *Introduzione al Calcolo Scientifico*, Springer, Milano, 2001
- Nardi, Pareschi, Russo, *Introduzione al Calcolo Scientifico. Metodi e applicazioni con Matlab*. Mc Graw-Hill,2001

## LABORATORIO INFORMATICO

Crediti didattici 3

Sabrina Gaito

Il corso intende fornire le nozioni di base dell'informatica e preparare gli studenti all'uso del foglio elettronico e di un linguaggio di programmazione.

Il corso non prevede particolari prerequisiti.

- *Introduzione.*
  - Informatica e informazione.
- *Architetture hardware e software.*
  - La macchina di Von Neumann, gerarchie di memoria.
  - Software di sistema e software applicativo.
  - Applicazioni: elaboratori di testi e fogli elettronici.
- *Reti di calcolatori.*
  - Architetture e protocolli.
  - Internet e il World Wide Web.
- *Introduzione alla programmazione.*
  - Algoritmi e linguaggi.

- *Programmazione: il linguaggio C.*
  - Tipi di dati.
  - Istruzioni condizionali.
  - Istruzioni di iterazione.
  - Funzioni e procedure.
  - Applicazioni: risoluzione di semplici problemi.

## SECONDO ANNO

### CHIMICA FISICA I

Crediti didattici 7 (6 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)

Prof. Maurizio Sironi - Prof. Ermanno Gianinetti

*Fondamenti di teoria quantistica* (8 ore) - Origini della meccanica quantistica; equazione di Schrödinger; funzione d'onda e interpretazione di Born; osservabili e operatori; principio di sovrapposizione e valori di aspettazione; principio d'indeterminazione.

*Applicazioni di teoria quantistica* (8 ore) - Moto traslazionale; tunnelling; oscillatore armonico; moto rotazionale; momento angolare orbitale e di spin.

*Struttura atomica e spettri atomici* (8 ore) - Atomi idrogenoidi; orbitali atomici; transizioni spettroscopiche e regole di selezione; atomi polielettronici; approssimazione orbitale; principio di aufbau e di Pauli; spettri di atomi polielettronici; stati di singoletto e di tripletto; accoppiamento spin-orbita; termini spettroscopici e regole di selezione; effetto Zeeman.

*Struttura molecolare e simmetria* (8 ore) - Approssimazione di Born-Oppenheimer; teoria del legame di valenza; molecola di idrogeno; molecole biatomiche omonucleari; orbitali ibridi; molecole poliatomiche; teoria dell'orbitale molecolare; principio variazionale; diagrammi di Walsh; molecole coniugate; metodo di Hückel; solidi e teoria delle bande; operazioni di simmetria, gruppi di simmetria, rappresentazioni, tabelle dei caratteri, applicazioni.

*Spettroscopia* (4 ore) - Tecniche sperimentali; intensità e ampiezza delle righe spettrali; legge di Lambert-Beer; effetto Raman.

*Spettri rotazionali* (4 ore) - Livelli di energia rotazionale; transizioni rotazionali; spettri Raman rotazionali.

*Spettri vibrazionali* (4 ore) - Vibrazioni di molecole biatomiche e spettri vibrazionali; spettri roto-vibrazionali; molecole poliatomiche; modi normali di vibrazione; spettri Raman vibrazionali.

*Spettri elettronici* (4 ore) - Transizioni elettroniche; struttura vibrazionale; fluorescenza e fosforescenza; dissociazione e pre-dissociazione; spettroscopia fotoelettronica.

*Esercitazioni* (16 ore) - Risoluzione di problemi.

#### Testi consigliati:

- D.A. McQuarrie, J.D. Simon - "*CHIMICA FISICA un approccio molecolare*" - Zanichelli (2000)
- P.W. Atkins, J. de Paula - "*ATKINS' PHYSICAL CHEMISTRY*" - 7th ed.(2002) Oxford

### LABORATORIO DI CHIMICA FISICA I

crediti didattici 5 (2 CFU di lezioni + 3 CFU di esercitazioni)

Prof. Silvia Ardizzone

Gas perfetti. Primo Principio della Termodinamica. Dipendenza dell'entalpia dalla temperatura. Transizioni isoterme ed adiabatiche di gas perfetti. Secondo principio. Variazioni di entropia di sistema ed intorno. Esercitazioni numeriche relative (12 ore)

Misura dell'entropia. Terzo principio. Macchine termiche. Energie di Helmholtz e di Gibbs. Equazione di Gibbs-Helmholtz. Potenziale chimico. Descrizione termodinamica delle miscele. Equazione di Gibbs-Duhem. Proprietà colligative. Esercitazioni numeriche relative (8 ore)

Diagrammi di stato di sostanze pure. Stabilità di fase e transizioni. Equazioni di Clapeyron e Clausius-Clapeyron. Diagrammi di stato di sistemi a più componenti. Equilibrio chimico. Effetti di temperatura e pressione sull'equilibrio. Equazione di van't Hoff. Esercitazioni numeriche relative (12 ore)

*Esperienze da svolgere in laboratorio* (32 ore):

Determinazione di parametri termodinamici di reazione (entalpia, entropia, energia di Gibbs) mediante misure di differenza di potenziale di pile, al variare della temperatura.

Determinazione di costanti di equilibrio tramite metodi spettrofotometrici, conduttimetrici e potenziometrici, e valutazione comparativa dei diversi approcci sperimentali.

Esame di passaggi di stato e variazioni di stechiometria/cristallinità in solidi, con relative variazioni calorimetriche, mediante metodi termici di analisi (TGA, DSC).

Testi Consigliati:

- P.W. Atkins, "Physical Chemistry", Oxford University Press, , 6<sup>th</sup> Ed., 1998.

**CHIMICA INORGANICA I**

*Crediti didattici 7(6 CFU lezioni + 1 CFU esercitazioni)*

Prof. Gianfranco Ciani

*Struttura atomica (4 ore)*

Struttura atomica e periodicità chimica, orbitali atomici, schermatura e penetrazione,  $Z_{\text{eff}}$  e regole di Slater, atomi a molti elettroni, accoppiamento di Russel-Saunders, parametri atomici, raggi atomici e ionici, elettronegatività, carattere hard-soft.

*Introduzione al legame chimico (5 ore)*

Teoria di Lewis, geometria molecolare e teoria VSEPR, simmetria molecolare e gruppi puntuali, tabelle dei caratteri e loro applicazioni.

*Legame covalente (10 ore)*

Orbitali molecolari, MO-LCAO per molecole biatomiche e poliatomiche, orbitali di simmetria (SALC), diagrammi di Walsh, proprietà delle molecole covalenti, distanze ed energie di legame. Ibridizzazioni intermedie.

*Stato solido e legame ionico (10 ore)*

Tipi di solidi, struttura cristallina, impacchettamento di sfere, metalli, leghe e composti intermetallici, modello ionico, strutture ioniche prototipiche, entalpie reticolari, equazioni di Born-Mayer, equazione di Kapustinskii, legame nei solidi e teoria delle bande, livello di Fermi, conduttività elettrica, isolanti, semiconduttori intrinseci e gap di banda, semiconduttori estrinseci  $p$  ed  $n$ , celle fotovoltaiche. Cenno alle proprietà elettroniche dei materiali inorganici.

*Struttura e proprietà dei composti degli elementi tipici (12 ore)*

Idrogeno e suoi composti: effetti isotopici, idruri metallici, composti binari elettrone-deficienti, -precisi e -ricchi, acqua e ghiaccio, clatrati idrati, legami a idrogeno.

Gruppi del boro e del carbonio: boro elementare, alogenuri, ossidi e ossoanioni, BN borazine, borani, carborani e regole di Wade, carbonio elementare, silicati, setacci molecolari e zeoliti.

Gruppi dell'azoto e dell'ossigeno: attivazione dell'azoto, ammoniacale, ossidi e ossoanioni dello zolfo, ossidi, perossidi e superossidi metallici, composti a catene, anelli e gabbie del blocco  $p$ .

Alogeni e gas nobili: proprietà degli alogeni, composti interalogeni, ossoacidi e ossoanioni, composti dei gas nobili.

*Chimica dei composti di coordinazione (8 ore)*

Caratteristiche generali dei metalli di transizione. Struttura e isomeria nei complessi. Legame chimico: teoria del campo cristallino, campo dei leganti e metodo MO. Cenno agli spettri elettronici e alle proprietà magnetiche dei complessi.

*Esercitazioni (1 credito)*

A integrazione del corso si svolgeranno esercitazioni settimanali in aula sui diversi argomenti introdotti nelle lezioni.

Testo consigliato

- D. F. SHRIVER, P. W. ATKINS, C. H. LANGFORD, Inorganic chemistry 2° Edizion, Oxford University Press.

**LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA I corso A e B**

*Crediti didattici 5*

Corso A: Prof. Alessandro Ceriotti – Corso B: Prof. Alessandro Pasini

*a) lezioni + esercitazioni in aula (1 CFU + 1,75 CFU).*

Vengono trattati alcuni argomenti ad integrazione del corso di Chimica Inorganica 1° ed alcuni aspetti teorici riguardanti le esercitazioni in laboratorio.

*Reazioni acido-base*

- teorie degli acidi e delle basi (Arrhenius, Broensted, Lux-Flood, Lewis, Usanovich, sistema solvente), acidi e basi acquosi protici (affinità protonica, ossidica, acidità in fase gassosa, in fase acquosa, effetto livellante dell'acqua), forza acida e basica di Broensted (idracidi, ossoacidi, idrossiacidi, acquoacidi, ossidi acidi e basici, ossoanioni), acidità e

basicità relativa dei solventi (funzione di Hammett), acidi e basi non acquosi protici e aprotici, forza acida e basica di Lewis, teoria hard-soft, parametri di Drago-Wayland.

#### *Reazioni di ossido- riduzione*

- ossidanti e riducenti, estrazione degli elementi tramite riduzione e ossidazione, potenziali standard di riduzione, equazione di Nerst, sovratensione, effetto della formazione di complessi e di prodotti insolubili sui potenziali di riduzione in soluzione acquosa, effetto livellante del solvente (stabilità redox in acqua, disproporzionamento), reazioni redox in solventi non acquosi, sistemi solventi ossidanti e riducenti, composti instabili, infiammabili ed esplosivi, rappresentazioni diagrammatiche di Latimer, Frost, Pourbaix.

#### Cenni di chimica descrittiva degli elementi e di magnetismo

##### *b) esercitazioni in laboratorio (2,25 CFU).*

Le esercitazioni vertono su alcune preparazioni inorganiche selezionate di volta in volta in modo da applicare le principali tecniche di sintesi, separazione e purificazione ed in modo da sottolineare gli aspetti più significativi delle proprietà e del comportamento chimico di alcuni elementi non di transizione e di alcuni metalli di transizione.

Le sintesi scelte esemplificano: *stati di ossidazione degli elementi, tipi di leganti, modi di coordinazione, effetto chelante, isomeria geometrica, isomeria di legame, isomeria ottica.*

#### Testo consigliato:

- D.F.Shriver, P.W.Atkins, C.H.Langford - *Inorganic Chemistry* – 3rd ed. - Ed.Oxford Univ.Press (1999)

### **FISICA GENERALE II**

*Crediti didattici 7 (6 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)*

Prof.ssa Giulia Luisa Masserini

- Forza Elettrica e Campo Elettrostatico (4 ore)
- Legge di Gauss (2 ore)
- Lavoro elettrico e Potenziali (4 ore)
- Conduttori - Induzione elettrostatica e Capacità elettrica (2 ore)
- Proprietà elettriche della Materia : Dielettrici (4 ore)
- Corrente Elettrica Forza elettromotrice e Circuiti in corrente continua (3 ore)
- Forza Magnetica e Campo Magnetico Statico (3 ore)
- Campo Magnetico generato da correnti : Induzione di Faraday e Legge di Ampere (4 ore)
- Proprietà Magnetiche della Materia (4 ore)
- Circuiti a corrente alternata (2 ore)
- Equazioni di Maxwell e Onde Elettromagnetiche (4 ore)
- Onde luminose: Riflessione e Rifrazione delle Onde (2 ore)
- Interferenza (4 ore), Diffrazione (2 ore)

Esercitazioni (16 ore) - Risoluzione di Problemi

#### Testi consigliati:

- Halliday-Resnick-Krane *Fisica 2*, CEA
- Pavan-Sartori *Problemi di Fisica 2* CEA
- S. Strasser, "*Esercizi di Fisica II*", Edizioni Spiegel

### **CHIMICA ANALITICA II**

*Crediti didattici 6*

Prof.ssa Silvia Bruni

#### *Tecniche spettroscopiche per l'analisi elementare*

- Spettroscopia atomica in assorbimento e in emissione (6 ore)
- Spettroscopia di fluorescenza di raggi X (2 ore)
- Spettrometria di massa inorganica (2 ore)

#### *Tecniche spettroscopiche per l'analisi molecolare e dei composti*

- Spettroscopia elettronica (assorbimento nell'UV-visibile e luminescenza) (4 ore)
- Spettroscopia vibrazionale (IR e Raman) (5 ore)

- Spettroscopia di risonanza magnetica nucleare (8 ore)
- Spettrometria di massa analitica (4 ore)

*Tecniche di analisi termica*

- Analisi termogravimetrica (2 ore)
- Analisi termica differenziale e calorimetria differenziale a scansione (1 ora)

*Tecniche cromatografiche*

- Aspetti fondamentali della cromatografia (4 ore)
- Gas cromatografia (3 ore)
- Cromatografia liquida (4 ore)
- Tecniche accoppiate (2 ore)
- Cenni alla cromatografia in fase supercritica (1 ora)

Testi consigliati

- D. A. Skoog, J. J. Leary, *Chimica Analitica Strumentale*, EdiSES.
- R. Kellner, J.-M. Mermet, M. Otto, H. M. Widmer, *Chimica Analitica*, EdiSES.
- Per consultazione: F. Cariati, *Lezioni di Chimica Analitica*, Edizioni CUSL.

**LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA II**

*Crediti didattici 4*

Prof. Gianmaria Zanderighi

*Strumentazione in chimica analitica.*

Strumento di misura. Schema a blocchi. Scelta del metodo.

Rumore strumentale e riduzione del rumore.

Prestazioni strumentali. Disegni strumentali: temporale, spaziale e multiplex.

*Tecniche voltammetriche.*

Segnali di eccitazione. Voltammogramma.

Voltammetria idrodinamica, polarografia, voltammetria ad impulso. Metodi di ridissoluzione e di adsorbimento e ridissoluzione. Voltammetria ciclica. Applicazioni.

*Tecniche cromatografiche.*

Distribuzione in controcorrente come modello di separazione in continuo. Separazione, spostamento dei picchi di concentrazione, larghezza di banda, risoluzione.

Metodi cromatografici (adsorbimento, ripartizione, scambio ionico, esclusione, affinità).

Aspetti cinetici della separazione: allargamento di banda ed efficienza della colonna.

Aspetti termodinamici della separazione: interazioni ioniche e molecolari, fasi mobili e stazionarie.

Risoluzione e ottimizzazione della separazione.

Caratteristiche generali dei rivelatori e classificazione in funzione della risposta.

Tecniche analitiche accoppiate.

Applicazioni qualitative e quantitative delle tecniche cromatografiche

*Gascromatografia (GC).*

Strumentazione. Influenza della temperatura. Applicazioni.

*Cromatografia liquida (HPLC).*

Strumentazione. Cromatografia di ripartizione, adsorbimento, scambio ionico, esclusione. Fasi mobili e stazionarie.

Ottimizzazione delle separazioni: scelta della fase mobile, indice di polarità di Snyder (P'). Eluizione isocratica e in gradiente.

Applicazioni.

*Cromatografia in fase supercritica (SCF).*

Fluidi supercritici: caratteristiche; applicazioni generali e alle separazioni cromatografiche. Strumentazione. Tecniche di eluizione. Applicazioni.

Le *esercitazioni di laboratorio* sono orientate a fornire agli studenti gli strumenti critici per poter eseguire ed interpretare una determinazione analitica.

Verranno considerate le problematiche analitiche strumentali, la rappresentazione e la discussione dei risultati, il confronto tra dati ottenuti con metodi e/o tecniche diverse con metodi potenziometrici, conduttimetrici, voltammetrici, spettroscopici e cromatografici.

Testo consigliato:

- Skogg, Leary, *Chimica Analitica Strumentale*, EdiSES, 1995 (da 4<sup>a</sup> ed. inglese, 1992)

Testi di consultazione

- Sawyer, Heineman, Beebe. *Chemistry Experiments for Instrumental Methods*, Wiley, 1984
- Miller, Miller, *Statistics for Analytical Chemistry*. Ellis Horwood, 1994 (4<sup>a</sup> ed.)
- Miller, *Cromatography*, Wiley, 1988
- Willard, Merrit, Dean, Settle, *Instrumental Methods of Analysis*, Wadsworth, 1988 (7<sup>a</sup> ed.)
- Strobel, Heineman, *Chemica Instrumentation: a Systematic Approach*, Wiley, 1989 (3<sup>a</sup> ed.)

## **CHIMICA ORGANICA II**

*Crediti didattici 7 (6,5 CFU di lezioni + 0.5 CFU di esercitazioni, per un totale di 60 ore*

Prof. Bruno Danieli

### *Sistemi aromatici carbociclici mononucleari (16 ore)*

Benzene: aromaticità, risonanza e regole di Hueckel. Nomenclatura. Reazioni con stati di transizione aromatici. Reazioni di sostituzione elettrofila aromatica e teoria dell'orientamento. Alchil- ed acilbenzeni: reazione di Friedel-Crafts. Ammine aromatiche: sintesi per riduzione dei nitroderivati. Azoossi- azo- e idrazoderivati. Trasposizione benzidinica. Sali di diazonio: preparazione, reattività ed utilità sintetica. Acidi arilsolfonici: meccanismo della solfonazione e utilità sintetica. Solfonammidi. Alogeno derivati aromatici: sostituzioni elettrofile, reazioni di Sandmeyer, di metallazione e transmetallazione, di Wurz-Fittig, di Ullmann, di Heck. Sostituzione nucleofila aromatica. Fenoli ed eteri fenolici: sintesi, reazioni elettrofile in ambiente acido. Dealchilazione. Trasposizioni di Fries e di Claisen. Reazioni in ambiente basico. Sintesi di Kolbe, reazioni con formaldeide, di Reimer-Tiemann, di copulazione. Chinoni: sintesi e reattività, equilibri di ossidoriduzione, complessi a trasferimento di carica.

### *Sistemi aromatici carbociclici polinucleari (4 ore)*

Biarili: sintesi, atropoisomeria e reazioni elettrofile. Fluorene ed analoghi. Naftalene: sintesi, reazioni di alogenazione, solfonazione, nitrurazione, di Friedel-Crafts e di Bucherer. Ossidazione. Antracene e fenantrene.

### *Esercitazioni di sintesi e reattività di sistemi aromatici (4 ore)*

### *Sistemi eteroalifatici ed eteroaromatici mono- e policiclici (20 ore)*

Sistemi eterociclici a tre termini. Sistemi eterociclici a quattro termini: azetidina, azetidioni e sintesi di Staudinger. Sistemi eterociclici a cinque termini: pirrolo, tiofene, furano. Sintesi. Reattività: reazione di nitrurazione ed acilazione. Reazione dei pirroli con immine e sali di immonio. Indolo, benzotiofene e benzofurano. Sintesi e reattività degli indoli agli elettrofili. Ossindoli, indossili, isatine ed indaco. 1,3-Azoli: sintesi e reattività con riferimento all'imidazolo e ai sali di tiazolo. 1,2-Azoli. Piridina: aromaticità e sintesi. Sostituzioni elettrofile su piridina e piridina N-ossido. Piridoni e alogenopiridine. Chinoline e isochinoline: reattività e sintesi. Pirani, pironi, sali di pirilio e composti naturali contenenti questi nuclei.

### *Esercitazioni di sintesi e reattività di sistemi eterociclici (4 ore)*

### *Amminoacidi e peptici (4 ore)*

Proprietà acido-base, curve di titolazione. Sintesi da alogenoacidi, di Strecker. Gruppi protettivi nella chimica degli amminoacidi. Sintesi del legame peptidico. Sintesi in fase solida. Metodi per la determinazione della struttura dei peptici, degradazione acida, enzimatica e con BrCN.

### *Carboidrati (8 ore)*

Scrittura del glucosio secondo le varie convenzioni. Serie sterica degli zuccheri. Derivazione degli zuccheri dalla D-(+)-gliceraldeide. Interconversione degli zuccheri. Mutarotazione. Glucosidi, eteri, esteri acetali. Riduzioni ed ossidazioni. Fenilosazoni. Sintesi di Kiliani-Fischer. Degradazione di Ruff e Wohl. Stereochimica relativa degli zuccheri: la prova di Fischer. Sintesi e chimica della gliceraldeide e dell'acido ascorbico. Disaccaridi.

Libri consigliati:

- A. Streitwieser, Jr. - Heathcock, C.H. *Introduzione alla Chimica Organica* -Ed. Piccin.

## **LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA II corso A e B**

*Crediti didattici 5 (80 ore)*

Corso A: Prof. Giordano Lesma - Corso B: Prof.ssa Paola Del Buttero

Il corso ha lo scopo di verificare sperimentalmente quanto appreso in via teorica nei Corsi di Chimica Organica (1° e 2° corso). Sarà articolato in 16 ore (1 CFU) di esercitazioni nelle quali verrà richiamata la reattività dei gruppi funzionali più comuni e da



almeno 64 ore (1 CFU) di sperimentazione a banco singolo. Il lavoro sperimentale consiste nello studio di alcuni composti organici, diversi per ciascuno studente, che dovranno essere esaminati per via chimica e spettroscopica al fine di riconoscerne il gruppo funzionale. Questi substrati saranno quindi utilizzati come prodotti di partenza per la sintesi di altri prodotti sfruttando alcune reazioni tipiche della funzionalità individuata scelta fra un "pool" di reazioni consigliate. Allo studente verrà data la possibilità di scegliere, previa discussione con il docente, le reazioni che ritiene più adatte e le modalità di esecuzione delle stesse. Dopo aver acquisito una certa autonomia di lavoro, ogni studente dovrà dar prova di saper modulare le condizioni di reazione anche su substrati bifunzionali. In seguito dovrà esaminare miscele di due composti organici incogniti, diverse per ciascuno studente, che dovranno essere separate utilizzando la tecnica di separazione più opportuna (cristallizzazione, estrazione con solventi, distillazione frazionata a pressione ambiente e ridotta, cromatografia, ecc.). I due prodotti purificati dovranno essere riconosciuti utilizzando le conoscenze acquisite nella prima parte del corso.

Le classi di composti studiati saranno: ammine primarie, secondarie e terziarie, aldeidi, chetoni, acidi carbossilici, alcoli, fenoli, esteri, ammidi, nitrili, eteri, alogenoderivati, nitroderivati, idrocarburi.

#### Libri consigliati per la consultazione

- Vogel, "Chimica Organica Pratica", Ed. Ambrosiana.
- R. Morassi, G.P. Speroni, *Il Laboratorio Chimico*, Ed. Piccin.

### **SICUREZZA E LEGISLAZIONE IN AMBITO CHIMICO**

*Crediti didattici 6*

Dr. Paolo Cardillo

- Definizioni (Rischio e pericolo) - Principali norme generali (norme comportamentali, informazione e formazione, responsabilità). Documentazione (schede di sicurezza, banche dati, siti Internet, manuali, riviste).
- Infiammabilità di gas/vapori e solventi - Parametri che influenzano le caratteristiche di infiammabilità - Punto di infiammabilità di liquidi combustibili - Sorgenti di innesco - Energia di accensione - Autoaccensione - Violenza delle esplosioni - Propagazione della fiamma (deflagrazione e detonazione).
- Esplosioni di polveri - Parametri che influenzano l'esplosione - Esplosione primaria e secondaria - Prove sperimentali - Legge cubica e classificazione delle polveri - Prevenzione e protezione dalle esplosioni di polveri.
- Reazioni fuggitive - Operazioni pericolose - Richiami di termochimica - Strutture instabili - Sostanze che reagiscono con l'acqua - Sostanze perossidabili - Incompatibilità - Reazioni di decomposizione - Strumenti e procedura sperimentale (Termogravimetria (TG); Analisi termica differenziale (DTA); Calorimetria Differenziale a Scansione (DSC); Accelerating Rate Calorimeter) - L'analisi dei prodotti di decomposizione - La calorimetria di reazione con esempi di applicazione.
- Incidenti da reazioni fuggitive: discussione di alcuni casi (Seveso; Bhopal; ecc.)
- Sostanze corrosive - Sostanze irritanti - Sostanze tossiche - Concetto di dose (esposizione, inalazione, contatto, ingestione) - Le frasi di rischio - Mezzi individuali di protezione.
- Apparecchiature da laboratorio (vetreria, apparecchiature elettriche/elettroniche, centrifughe, piastre e bagni riscaldanti, forni, ecc.) - Gas compressi, liquefatti e disciolti - Antincendio.
- Riferimenti normativi

## TERZO ANNO

### ACCERTAMENTO LINGUA INGLESE

*Crediti didattici 3*

Dott.ssa Jill Friedman

La prova pratica consiste nella lettura e traduzione dall'inglese all'italiano di un brano relativo a chimica inorganica, chimica organica, chimica analitica o chimica fisica.

Viene consigliato il seguente libro di testo:

- *Bio-Chem, An Approach to Developing English Language Skills in Chemistry, Biology and Food Technology*, di Giuseppe Roggi e John Picking, Zanichelli editore.

I moduli particolarmente utili per le letture sono:

- Modulo B
- Modulo F
- Modulo G

Tutti i moduli forniscono anche un ripasso grammaticale.

L'audio CD fornisce esercizi orali.

### CONTROLLO QUALITA' E CERTIFICAZIONE

*Crediti didattici 6*

Dott.ssa Marina Perego

#### *Obiettivi del corso*

- Costruire il quadro di riferimento del concetto di qualità e dell'evoluzione delle norme.
- Studiare il significato del controllo qualità nell'attività del chimico.
- Introdurre la conoscenza delle norme dei sistemi di gestione per la qualità e la conoscenza dello schema di riferimento della certificazione di prodotto.

#### *1. Enti di normazione e certificazione*

- La normazione in Italia e la normazione internazionale.
- Gli organismi di certificazione e il sistema di accreditamento.
- Norme tecniche di prodotto e norme tecniche di sistema.

#### *2. Le norme dei sistemi di gestione della qualità*

- UNI EN ISO 9001:2000 - Sistemi di gestione per la qualità – Requisiti
- UNI EN ISO 9004:2000 - Sistemi di gestione per la qualità – Linee guida per il miglioramento delle prestazioni
- UNI EN ISO 9000:2000 - Sistemi di gestione per la qualità – Fondamenti di terminologia
- Particolari approfondimenti su:
  - conformità legislativa
  - struttura e gestione della documentazione
  - significato, scopo e tecniche di audit

1. UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2000 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura.

2. UNI EN ISO 19011:2003 Linee guida per gli audit dei sistemi di gestione per la qualità e/o di gestione ambientale

#### *3. Misure e prove*

- 3. Misure, prove, controlli e collaudi.
- 4. Campionamenti: criteri di campionamento e significatività campionaria.
- 5. Piani di ispezione e prova, di campionamento, di controllo, di collaudo
- 6. Gli strumenti di misura:
  - l'incertezza di misura e la sua variabilità
  - criteri per la conferma metrologica e taratura
- 7. Le carte di controllo per le applicazioni specifiche dei casi sperimentali.

#### *4. Certificazione di prodotto*

- 8. Esempi applicativi e casi di studio.

#### Testi consigliati

- NORMA ITALIANA UNI EN ISO 9001:2000
- NORMA ITALIANA UNI EN ISO 9004:2000
- NORMA ITALIANA UNI EN ISO 9000:2000

- UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2000
- UNI EN ISO 19011:2003
- Elenco di siti consigliati e appunti dalle lezioni (distribuiti a lezione)

## **CHIMICA FISICA II**

*Crediti didattici 7*

Prof. Leonardo Formaro

*Termodinamica statistica (24 ore)* – Configurazioni, funzioni peso. Distribuzione di Boltzmann. Funzioni di partizione molecolari. Energia Interna, Entropia. Funzioni di partizione canonica. Relazioni con le Funzioni di stato termodinamiche. Contributi traslazionali, rotazionali, vibrazionali, elettronici. Funzioni di Stato medie. Costanti di equilibrio.

*Proprietà elettrostatiche delle molecole e dei corpi macroscopici (7 ore)* – Dipolo, permittività. Equazioni di Clausius-Mossotti e di Debye. Interazioni di dipoli permanenti e indotti. Potenziali di interazione di London e di Lennard-Jones. Interazione di corpi macroscopici.

*Adsorbimento (7 ore)* – Interazioni gas-solido. Isoterme Sperimentali. Isoterme modello (Langmuir, Temkin, Freundlich). Parametri termodinamici. Adsorbimento e cinetica di reazioni catalitiche.

*Termodinamica delle soluzioni (18 ore)* – Solvatazione. Potenziale chimico, attività, stati di riferimento. Equazione di Gibbs-Duhem. Equazione di Debye-Hückel.

### Testi consigliati:

- P.W. Atkins, "Physical Chemistry", Oxford University Press, 6<sup>th</sup> Ed., 1998.
- Laidler and Meiser, *Chimica Fisica*, Editoriale Grasso, 1999.

## **LABORATORIO DI CHIMICA FISICA II**

*crediti didattici 5 (2.5 CFU di lezioni + 2.5 CFU di esercitazioni)*

Prof. Riccardo Destro

*Cinetica descrittiva (6 ore)* - Velocità di reazione, ordine parziale e totale, costante di velocità, velocità iniziali. Metodo dell'isolamento – Metodo differenziale – Metodo integrale. Equazioni cinetiche integrate per reazioni di ordine 0, 1 e 2. Tempo di dimezzamento. Equazione cinetica integrata per reazioni di ordine generico  $m (\neq 1)$ . Reazioni opposte. Equazioni cinetiche espresse in termini di grandezze fisiche direttamente proporzionali alle concentrazioni. Dipendenza della costante di velocità dalla temperatura: l'equazione di Arrhenius.

*Descrizione delle esperienze di laboratorio (3 ore).*

*Trattamento dei dati (2 ore)* - Deviazione standard e varianza. Pesì. Media pesata. Il metodo dei minimi quadrati. Applicazione al caso della retta, pesata e non pesata. Retta vincolata. Propagazione dell'errore.

*Meccanismi di reazione (4 ore)* - Processi globali e processi elementari. Moleolarità di una reazione. Reazioni successive; stato intermedio stazionario. Descrizione, a partire dagli articoli di letteratura originali, di alcuni meccanismi di reazione, con particolare riguardo alle reazioni a catena. Cinetica enzimatica e relative inibizioni.

*Teorie della velocità di reazione (5 ore)* - Teoria delle collisioni: pressione di un gas; velocità rms; dimensioni molecolari; libero cammino medio; numero di urti; proprietà di collisione per l'azoto a 298 K e 1 atmosfera. La distribuzione delle velocità secondo Maxwell-Boltzmann. Teoria del complesso attivato. Superfici di energia potenziale. Il caso del sistema  $H_2 + H$ . Ottenimento della costante di velocità secondo l'approccio termodinamico. Relazione tra energia di attivazione ed entalpia di attivazione per reazioni in fasi condensate ed in fasi gassose. Reazioni in soluzione: effetto gabbia.

*Esperienze di laboratorio (2,5 CFU per n. 40 ore)* - Quattro esperienze di cinetica chimica da svolgere in 10 pomeriggi, con stesura di una relazione conclusiva comprendente un rapporto sull'esecuzione delle esperienze, l'elaborazione dei relativi dati ed una discussione sui risultati ottenuti.

### Testi consigliati:

- P.W. Atkins, "Physical Chemistry", Oxford University Press, 6<sup>th</sup> Ed., 1998
- M. J. Pilling and P.W. Seakins, "Reaction Kinetics", Oxford University Press, 1995.

## **CHIMICA BIOLOGICA**

*crediti didattici 7 (7 CFU di lezioni) - Modalità di esame: prova scritta*

Prof.ssa Renata Zippel

*Introduzione (ore 3):* Scopo e campi di studi della biochimica. La cellula come unità fondamentale dei processi chimici negli organismi viventi. Ruolo dell'acqua nei processi biologici. *Aspetti termodinamici dei processi biologici:* composti ad alto contenuto energetico: ATP e composti ad alto potenziale di trasferimento di gruppo.

*Proteine (ore 10):* Livelli di organizzazione strutturale delle proteine; struttura primaria, secondaria terziaria e quaternaria. Fattori determinanti la struttura secondaria e terziaria delle proteine. Alcuni esempi di proteine: mioglobina, emoglobina. Metodiche per la separazione delle proteine, per il sequenziamento di peptici e per la sintesi di oligopeptidi metodologie per lo studio della proteomica funzionale.

*Membrane biologiche (ore 2):* Lipidi di membrana, struttura e funzione della membrana. Cenni sul trasporto di membrana.

*Enzimi (ore 10):* Classificazione degli enzimi e funzione. Coenzimi e cofattori. Cinetica enzimatica, Inibizione enzimatica. Esempi di meccanismi di catalisi enzimatica. Regolazione dell'attività enzimatica: allosteria e modificazioni covalenti.

*Metabolismo (ore 14):* Aspetti generali. *Metabolismo dei carboidrati:* Glicolisi e fermentazione alcolica. Regolazione della glicolisi. Processi ossidativi: ossidazione del piruvato, ciclo dell'acido citrico, vie anaplerotiche. Metabolismo dei pentosi fosfati Gluconeogenesi. Sintesi e degradazione del glicogeno. *Ossidazioni biologiche:* Catena respiratoria; trasporto degli elettroni e fosforilazione ossidativa. *Metabolismo dei lipidi:* Ossidazione degli acidi grassi. Biosintesi degli acidi grassi.

*Acidi nucleici (ore 11):* Struttura dei diversi tipi di DNA e livelli di organizzazione strutturale, stabilità della struttura. I diversi tipi di RNA. Metodiche per il sequenziamento del DNA, accenni alla genomica funzionale *Flusso dell'informazione:* Processi di replicazione e riparo del DNA. Processi di trascrizione: sintesi dell'RNA messaggero, dell'rRNA e tRNA, il codice genetico.

*Sintesi delle proteine (Numero ore 5).* Ribosomi, il processo di traduzione: attivazione degli amminoacidi e formazione dei amminoacil tRNA, reazione di inizio, di allungamento e terminazione della traduzione.

*Elementi base di DNA ricombinante e biotecnologie (ore 1).* Plasmidi ed enzimi di restrizione.

#### Testo consigliato

D.Nelson, M. Cox, *I principi di Biochimica di Lehninger*. Terza edizione 2002 Zanichelli

## **CHIMICA DELL'AMBIENTE**

*Crediti didattici 6*

Prof. Gianmaria Zanderighi

E' lo studio delle trasformazioni chimiche fondamentali che hanno luogo nel particolare "contenitore" all'interno del quale si colloca e si sviluppa ogni ecosistema.

Siamo di fronte a sistemi molto complessi, punto di incontro di apporti multidisciplinari diversi, che devono essere scomposti (e quindi forzatamente semplificati) per renderne possibile la comprensione, e successivamente ricomposti per recuperare la completezza e la complessità del sistema che si vuole descrivere.

Due potenti strumenti utilizzati sono l'analisi e la descrizione dei singoli comparti ambientali (atmosfera, idrosfera e litosfera) e la ricombinazione dei fenomeni nei cicli biogeochimici relativi a singole specie chimiche o a famiglie di queste.

### Cicli biogeochimici

Permettono di considerare la storia di un elemento, un composto o una famiglia di composti chimici come porzioni del sistema globale, con l'approssimazione dello stato stazionario (condizioni di sostanziale equilibrio del sistema), le correlazioni con e le influenze di altri cicli (chimici, biologici, geologici, naturali o dovuti ad attività antropica).

Queste correlazioni e influenze reciproche si possono manifestare come perturbazioni delle condizioni di equilibrio, generando scompensi che richiedono tempi anche molto lunghi per ripristinare le precedenti o nuove condizioni di equilibrio (esempi quotidianamente sperimentabili di questo tipo di perturbazioni sono i fenomeni di inquinamento reversibili o irreversibili).

### Atmosfera

- Costituenti principali e gas presenti in tracce, aerosol, struttura fisica dell'atmosfera, dinamica, processi di trasporto e deposizione.
- Radiazione solare, sua importanza nella reattività atmosferica, cicli di reattività fondamentali, reazioni in fase omogenea e chimica eterogenea.
- Composti azotati, solforati e del carbonio, emissioni antropiche e naturali, processi di rimozione, perturbazioni ai cicli fondamentali, interazioni con il mondo biologico.
- Ozono stratosferico. Cicli di formazione e distruzione. Perturbazione antropica.
- Ozono troposferico. Meteorologia, fotochimica e precursori: ruolo combinato degli ossidi di azoto, dei composti organici volatili e della radiazione solare. Strategie di controllo.
- Dalla scala locale a quella globale: le connessioni tra chimica dell'atmosfera e clima, effetto serra e perturbazione antropica.

Libri consigliati

- G. Restelli, G. Zanderighi – *Chimica dell'atmosfera e dell'inquinamento atmosferico*. Edizioni Unicopli, Milano, 2001

## CORSI A SCELTA

### METODI DI INDAGINE STRUTTURALE DI MATERIALI INORGANICI

Crediti didattici 6 (mutuato da parte del Corso di Laurea in Chimica Applicata e Ambientale per 5 CFU)

Dott. Piero Macchi

Il corso fornisce una panoramica riassuntiva dei materiali inorganici e, a partire dalle loro proprietà strutturali, vengono presentate le possibili caratterizzazioni sperimentali, con particolare attenzione a quelle di tipo diffrattometrico e microscopico su campioni in stato solido, cristallino o non-cristallino.

- La struttura dei materiali: stato cristallino e stato non-cristallino
- Microscopia:
  - Microscopia ottica
  - Microscopia in luce polarizzata
  - Microscopia elettronica (TEM, SEM)
  - Microscopia a sonda (AFM, STM)
- Fluorescenza
- Diffrazione:
  - Diffusione da solidi amorfi, liquidi e gas
  - Diffrazione da cristallo singolo (cenni)
  - Analisi qualitativa e quantitativa delle fasi da campioni policristallini
  - Metodi diffrattometrici con radiazioni non X
  - Misure di stress
  - Analisi della "tessitura" e delle dimensioni del particolato
- Nozioni fondamentali di cristallografia:
  - Simmetria in due e tre dimensioni
  - Reticoli cristallini, gruppi puntuali e gruppi spaziali
- misure calorimetriche

#### Testi consigliati:

- A. D. Krawitz, *Diffraction in material science and engineering*;
- P. J. Goodhew, F.J. Humphreys *Electron Microscopy and Analysis*;
- A. Guinier, *X-ray diffraction in crystals, imperfect crystals and amorphous bodies*.

### CHIMICA DEI COMPOSTI DI COORDINAZIONE

Crediti didattici 6 (48 ore di lezioni)

Prof. Alessandro Ceriotti

#### *Argomenti di carattere generale (1,5 CFU)*

Introduzione e sviluppo storico. Cenni di nomenclatura. Numeri di coordinazione e relative geometrie. Classificazione dei leganti (monodentati, ambidentati, polidentati chelanti e macrociclici, eteri a corona e criptanti). Isomeria nei complessi (strutturale, stereoisomeria). Stabilità termodinamica e cinetica dei complessi (costanti di formazione parziali e globali, effetto chelante e macrociclico).

#### *Descrizione dei principali leganti e complessi (1,5 CFU)*

Leganti  $\pi$  (CO, isocianuro, cianuro, diazoto, NO). Leganti al fosforo (basicità, potere  $\pi$ -accettore, parametro elettronico, angolo conico). Complessi con legami multipli M-L (ossocomplessi, diossocomplessi, complessi immidici, nitrenici, nitrurici, complessi carbenici, carbinici). Complessi  $\pi$  con : alcheni, polieni, alchini, leganti enilici e polienilici, leganti carbociclici aromatici (C<sub>3</sub> – C<sub>8</sub>). Alcosso complessi e  $\beta$ -dichetonato complessi. Perosso e superosso complessi. Complessi con alogenuri a ponte. Complessi con leganti allo zolfo. Complessi di metalli alcalini con eteri a corona e criptanti (alcaluri, elettruri). Metalli alcalini in ammoniaca liquida. Numero di elettroni di valenza nei complessi (carica formale dei leganti e del metallo).

#### *Metalli di transizione (3 CFU)*

Proprietà dei metalli di transizione. Teoria del legame di valenza. Teoria del campo cristallino (complessi ottaedrici, tetraedrici, quadrato-planari, complessi ad alto e basso spin, spin crossover). Serie spettrochimica dei leganti. Distorsioni nei complessi (effetto Jahn-Teller). Teoria degli orbitali molecolari (complessi ottaedrici, tetraedrici, quadrato planari). Regola dei 18 elettroni di valenza nei complessi. Preparazione dei complessi. Riarrangiamenti strutturali nei complessi (reazioni di ridistribuzione e scambio, non rigidità stereochemica, flussionalità in complessi con leganti  $\pi$  e in complessi carbonilici). Principali tipi di reazioni nei cicli catalitici (addizione ossidativa, eliminazione riduttiva, migrazione-inserzione).

Reazioni di sostituzione nei complessi ottaedrici, tetraedrici e quadrato-planari, effetto cis, effetto trans, influenza trans. Correlazioni tra labilità/inerzia e configurazione elettronica di M. Reazioni di sostituzione in complessi organometallici e carbonilici. Reazioni di sostituzione in complessi a 17 e 19 elettroni. Electron transfer catalysis. Reazioni di trasferimento elettronico : meccanismo a sfera interna e a sfera esterna.

#### Testi consigliati

- Cotton, Wilkinson - *Advanced Inorganic Chemistry* - ed. Wiley-Interscience (1988) – 5<sup>a</sup> ed.
- Huheey – *Inorganic Chemistry* - ed. Harper-Collins (1983) – 3<sup>a</sup> ed. (capp.9-13)

### **STRUTTURISTICA CHIMICA**

*Crediti didattici 6 (5 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)*

Prof.ssa Mirella Sansoni

#### *a) Simmetria cristallina*

Struttura di gruppo su un insieme di elementi omogenei per proprietà. Elementi di simmetria e operazioni di simmetria. Rappresentazione matriciale delle operazioni di simmetria puntuale. Gruppi di simmetria puntuali. Operazioni di simmetria traslazionale: reticoli e spazi vettoriali. Compatibilità della simmetria puntuale con quella traslazionale: sistemi e classi cristallini, gruppi di simmetria spaziali o cristallografici. Notazione di Schönflies e di Hermann-Mauguin.

#### *b) Diffrazione dei raggi X da parte dei cristalli*

1. Produzione, assorbimento, diffusione dei raggi X.
2. Trasformata di Fourier: sovrapposizione di onde, fase ed ampiezza risultanti; spazio reale e reciproco; diffusione da parte di oggetti, ampiezza e fase della trasformata. Trasformata di un atomo e fattore diffondente atomico. Trasformata di 2, 4, 6 atomi (manubrio, quadrato, esagono); valutazione della trasformata e sue caratteristiche.
3. Trasformata di un cristallo: la funzione di diffrazione reticolare; condizioni di Laue, equazione di Bragg.
4. Intensità. Legge di Friedel, assenze sistematiche, uso delle tabelle internazionali.
5. Strumentazione per le tecniche diffrattometriche per polveri e cristallo singolo.
6. Cenni sul problema della fase: serie di Patterson e metodi diretti.

Durante il corso verranno proposte alcune esercitazioni in aula.

#### Testi consigliati

- A.Immirzi, *La Diffrazione dei Cristalli*, Liguori Editore
- Giacobozzo et al., *Fundamentals of Crystallography*, Oxford Science Publications
- J.P.Glusker, K.N.Trueblood, *Crystal Structure Analysis. A Primer*, Oxford University Press
- G.H.Stout, L.H.Jensen, *X-Ray Structure Determination. A practical guide*, The Mac Comp.
- Azaroff, *Elements of X-Ray Crystallography*, McGraw-Hill

### **CHIMICA FISICA (COMPLEMENTI)**

*crediti didattici 6*

Prof. Emanuele Ortoleva

#### *Spazi lineari (10 ore)*

Spazi lineari e operatori lineari: Spazi finiti. somorfismo. Prodotto scalare. Insiemi ortonormali completi. Operatori lineari, invertibilità, commutatori. Rappresentazione matriciale di un operatore. Operatori aggiunti, hermitiani, unitari. Spazi lineari infiniti, funzioni a quadrato sommabile. Convergenza in media. Cenni sull'integrazione secondo Lebesgue. Spazi di Hilbert.

#### *Serie e trasformate di Fourier (14 ore)*

Serie di Fourier: Proprietà. Convergenza delle serie. Serie in tre dimensioni. Funzione Delta di Dirac: Successioni delta e convergenza debole. Proprietà della delta .Rappresentazione in serie di Fourier e rappresentazione integrale in tre dimensioni. Trasformate di Fourier: Trasformata e trasformata inversa e loro proprietà. Trasformata della delta di Dirac. Teorema della convoluzione. Esempi di convoluzione. Teorema integrale di Fourier. Il teorema della larghezza di banda. Trasformate in tre dimensioni.

#### *Applicazioni delle serie e trasformate di Fourier (10 ore)*

Spettro di una radiazione e il fenomeno della diffrazione in generale. Reticolo reciproco e fattore di struttura di un cristallo. Allargamento di una riga in spettroscopia. Funzioni d'onda nello spazio delle coordinate e funzioni d'onda nello spazio dei momenti.

#### *Equazioni differenziali (5 ore)*

Equazioni differenziali alle derivate parziali: Problemi differenziali lineari, omogenei e non omogenei. Separazione delle variabili. Principio di sovrapposizione. Soluzione mediante sviluppo in serie di Fourier. Il problema di Sturm-Liouville: Condizioni di hermitianità. Segno degli autovalori. Completezza delle soluzioni polinomiali. Soluzione del problema non omogeneo.

*Esempi di soluzioni di equazioni differenziali (9 ore)*

L'equazione delle onde. Equazioni della diffusione e del calore, equazione della continuità per una funzione d'onda quantistica. Equazione di Schroedinger per una particella in un campo centrale.

#### Bibliografia

- K.F.Riley, *Mathematical Methods for the Physical Science*, Cambridge University Press, Cambridge, 1974.
  - E.Butkov, *Mathematical Physics*, Addison-Wesley Publishing Co., Cambridge, Mass., 1968
- Si consiglia, inoltre, la visione, presso il CTU, della video-cassetta:
- *Transformation de Fourier et ses applications en Physique*, prod. S.F.R.S., 1984.

Per chi fosse interessato ad un approfondimento si segnalano le seguenti opere presenti presso la Biblioteca Chimica dell'Università di Milano

- W.D.Perkins, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy*, in *Journal of Chemical Education*, Vol.63 (1986), pag.A5-A10, Vol.64 (1987) pag.A269-A271, A296-A305.
- L.Glasser, *Fourier Transforms for Chemists*, in *Journal of Chemical Education*, Vol.64 (1987), pag.A228-A233, A260-A266, A306-A313.
- J.P.Chesick, *Fourier Analysis Structure Determination*, in *Journal of Chemical Education*, Vol.66 (1989), pag.128-132, 283-289, 413-416.
- R.W.King, K.R.Williams, *The Fourier Analysis Transform in Chemistry*, in *Journal of Chemical Education*, Vol.66 (1989), pag.A213-A219, A243-A248, Vol.67(1990), pag.A93-A105, A125-A137.

### **CHIMICA COMPUTAZIONALE**

*crediti didattici 6*

Dott. Maurizio Sironi

L'obiettivo del corso è di fornire una panoramica dei metodi attualmente utilizzati nell'ambito della simulazione di sistemi di interesse chimico. Il notevole sviluppo dei metodi di simulazione in questi ultimi anni è stato infatti reso possibile non solo dalla sempre più facile disponibilità di potenza di calcolo, ma anche dallo sviluppo di potenti algoritmi di simulazione. Si è così giunti a poter disporre di tecniche che possono essere utilizzate per affrontare problemi di grande interesse quali il drug design, il riconoscimento molecolare, la progettazione di nuovi materiali.

Il corso di Chimica Computazionale vuole fornire alcuni elementi per poter affrontare queste tematiche e di acquisire familiarità con l'utilizzo dei programmi di informatica chimica più in uso.

*Costruzione di un potenziale inter ed intra molecolare ed utilizzo della densità elettronica (12 ore)* - Il metodo della Meccanica Molecolare. Metodi quantistici. Metodi semi-empirici. I metodi misti Quantum Mechanics/ Molecular Mechanics per lo studio di grossi sistemi molecolari. Utilizzo della densità elettronica per definire le superfici molecolari, per lo studio della similitudine molecolare e per il riconoscimento molecolare. Cenno ai metodi di partizionamento della densità elettronica.

*Metodi di simulazione molecolare (8 ore) - Il metodo della dinamica molecolare. La tecnica MonteCarlo.*

*Analisi conformazionale per molecole di interesse biologico ed utilizzo delle tecniche di drug design (8 ore) - Il problema dell'analisi conformazionale per sistemi con un elevato numero di gradi di libertà. I metodi random search. Gli algoritmi genetici. Applicazioni nel campo dei peptidi e delle proteine. La progettazione di un farmaco. Similitudine molecolare.*

Le tematiche affrontate a lezione saranno oggetto di alcune esperienze al computer (12 ore)

#### Testi consigliati:

- *Molecular Modelling (Principles and Applications)*, A.R.Leach, Addison Wesley Longman (1996)

### **CHIMICA TEORICA (QUANTISTICA)**

*Crediti didattici 6 (5 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)*

Prof. Ermanno Gianinetti

*I fondamenti matematici della meccanica quantistica*

Algebra delle matrici. Operatori lineari: proprietà e loro applicazioni.

Trasformazione di Fourier.



Uso della notazione di Dirac. (4 ore)

#### *I fondamenti della Meccanica Quantistica*

I postulati della Meccanica Quantistica. Teoria della misura in Meccanica quantistica. L'equazione di Schrodinger. Il principio di Heisenberg. Pacchetto d'onda e sua evoluzione. La barriera di potenziale.

L'oscillatore armonico: l'uso degli operatori di salita e di discesa. (10 ore)

#### *Particella in campo centrale*

Teoria generale del momento angolare. Fattorizzazione dell'equazione di Schrodinger. Risoluzione dell'equazione radiale. (7 ore)

#### *Tecniche di approssimazione*

Il principio variazionale. Il problema secolare. Teoria delle perturbazioni statiche: correzioni al primo ordine. Teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo. (7 ore)

#### *Spin ed antisimmetria*

L'esperienza di Stern e Gerlach. Operatori di spin. Autofunzioni di spin: le autofunzioni genealogiche e di Rumer. Determinante di Slater. (4 ore)

#### *Struttura elettronica delle molecole*

L'approssimazione di Born-Oppenheimer. Il metodo di Hartree-Fock. Gli orbitali atomici e gli orbitali molecolari. Le equazioni di Roothaan (8 ore).

Sarà inoltre illustrata una serie di esempi per i vari argomenti (16 ore)

#### Testo consigliato:

- T.N. Levine, *Quantum Chemistry*, 5th Ed. Prentice Hall International (2000).

### **ELETTROCHIMICA**

crediti didattici 6 (4.5 CFU di lezioni + 1.5 CFU di esercitazioni)

Prof. Torquato Mussini

Pile ed elettrolizzatori; polarizzazione chimica e di concentrazione. Elettroliti solidi; soluzioni elettrolitiche, conduttività e trasporto ionico; interazioni soluto-solvente e ione-ione; teoria di Debye-Hückel; stati standard, potenziali chimici e coefficienti d'attività degli ioni (9 ore).

Energetica elettrochimica, equilibri elettrochimici; fem dipendenti o non dipendenti dalla concentrazione dell'elettrolita; fem standard e potenziali standard; determinazione di grandezze termodinamico-elettrochimiche (9 ore)

Pile con trasporto; potenziali di diffusione e loro minimizzazione; membrane e termodinamica dei processi irreversibili; potenziali di membrana ed elettrodi ionoselettivi, ed applicazioni; pH-metria, pIonometria ed rH-metria; diagrammi di Pourbaix (9 ore).

Interfasi e doppio strato elettrico; potenziale elettrochimico; cinetica elettrochimica, sovratensione e casistica relativa; controllo cinetico misto; elementi galvanici in cortocircuito, teoria di Evans (9 ore).

Esercitazioni in aula (24 ore).

#### Testi consigliati:

- G. Bianchi - T. Mussini, "*Fondamenti di Elettrochimica*", Masson, Milano 1993.

### **CHIMICA ORGANICA (APPLICATA)**

Crediti didattici 6 (48 ore di lezioni)

Modulo A (CFU 3): Prof. Carlo Scolastico

Modulo B (CFU 3): Prof. Cesare Gennari

#### *Modulo A (CFU 3; ore 24)*

- Protezione di gruppi funzionali (doppio legame, triplo legame, OH, NH<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>H); sintoni e gruppi mascheranti un gruppo funzionale.

- Reazioni di ossidazione (ossidazioni di alcoli ad aldeidi, chetoni ed acidi carbossilici; ossidazioni con reagenti stechiometrici o con metalli di transizione; addizioni di ossigeno ai doppi legami carbonio-carbonio; epossidazione degli alcheni con peracidi; epossidazione di Sharpless, diossidrilazione di Sharpless, ammino-ossidrilazione di Sharpless; trasformazione degli epossidi; reazioni degli alcheni con ossigeno singoletto; decarbossilazione ossidativa; scissione dei doppi legami carbonio-carbonio; ossidazione allilica; ossidazione di carboni non funzionalizzati).

*Modulo B (CFU 3; ore 24)*

- Reazioni di riduzione (addizione di idrogeno; idrogenazione catalitica; altri reagenti che trasferiscono idrogeno; reazioni con idruri del III e IV gruppo; reazioni di idroborazione; riduzioni con metalli in soluzione; deossigenazione riduttiva di gruppi carbonilici).
- analisi retrosintetica e strategia di sintesi (composti 1,2/1,3/1,4/1,5/1,6 difunzionali).

Testi consigliati:

- F. Carey, R. Sundberg, *Advanced Organic Chemistry*, IV Edition, Part B, Kluwer Academic/Plenum Publishers 2001.
- Stuart Warren – *Organic Synthesis :The Disconnection approach*. John Wiley and Sons, 1985.
- Stuart Warren – *Workbook for Organic Synthesis :The Disconnection approach*. John Wiley and Sons, 1985.

## **SINTESI E TECNICHE SPECIALI ORGANICHE**

*Crediti didattici 6*

Prof. Carlo Scolastico

**insegnamento disattivato nell'a.a. 2003-2004**

Protezione di gruppi funzionali: (doppio legame, triplo legame, OH, NH<sub>2</sub>, CO e CO<sub>2</sub>H). Sintoni e gruppi mascheranti una funzionalizzazione. 4h

Reazioni di riduzione: (idrogenazione catalitica, con diimide, reazioni con idruri del III e IV gruppo, idroborazioni, riduzioni con metalli in soluzione, deossigenazione riduttiva di gruppi carbonilici). 8h

Reazioni di ossidazione. Ossidazione di alcoli ad aldeidi, a chetoni, ad acidi carbossilici con ossidanti di metalli di transizione e con altri ossidanti.

Addizione di ossigeno a doppi legami carbonio-carbonio: ossidanti di metalli di transizione, epossidi da alcheni con peracidi, trasformazioni degli epossidi, reazioni degli alcheni con ossigeno singoletto.

Scissione dei doppi legami: con ossidanti di metalli di transizione, per ozonolisi.

Scissione ossidativa selettiva: glicoli e decarbossilazione ossidativa.

Ossidazione di chetoni ed aldeidi: con ossidanti di metalli di transizione, con peracidi, con ossigeno, con altre ossidazioni.

Ossidazione allilica.

Ossidazione di carboni non funzionalizzati.

Epossidazione, diossidrilazione, ammino ossidrilazione asimmetriche. 8h

Alchilazione di carboni nucleofili: enolati, enammine. 3h

Reazione di carboni nucleofili con composti carbonilici (aldolica, anellazione di Robinson, Mannich, Wittig, olefinazione di Peterson Horner-Wodworth- Emmons, ilidi dello zolfo, acilazione di carbanioni). 8h

Composti 1,2/1,3/1,4/1,5/1,6 difunzionali. 9h

Analisi retrosintetica e strategia di sintesi durante 16h di esercitazioni.

Testi consigliati:

- F.A. Carey, R. J. Sundberg *Advanced Organic Synthesis* IV Ed. Part B Plenum Press
- Stuart Warren *Organic Synthesis: the Disconnection Approach* J. Wiley

## **CHIMICA DELLE SOSTANZE ORGANICHE NATURALI**

*Crediti didattici 6*

I modulo: prof. Paolo Manitto - II modulo: dott. Carlo Morelli

I Modulo: Metaboliti secondari (4 CFU)

- Principali reazioni *in vivo*: aspetti meccanicistici e stereochimici. Reazioni redox, ioniche e radicaliche. Cammini biosintetici e strategie biosintetiche. Metodi di indagine nello studio della biosintesi delle sostanze naturali. Uso di traccianti: radioisotopi e isotopi stabili.

- *Terpeni* – classificazione. Regola isoprenica strutturale. Regola isoprenica biogenetica. Isoprene attivo. Acido mevalonico ed emiterpeni. Monoterpeni cicloesani ed iridoidi. Sesquiterpeni. Diterpeni. Triterpeni. Carotenoidi.
- *Steroidi* – Trasformazione del lanosterolo in colesterolo. Steroidi naturali. Fitosteroli. Veleni cardiaci. Saponine. Ormini degli insetti. Corticosteroidi. Progestinici. Androgeni. Estrogeni.
- *Fenilpropanoidi* – Derivati della fenilalanina via acido cinnamico. Fenilpropanoidi. Lignani. Lignine. Neoflavonoidi. Isoflavonoidi.
- *Polichetidi* – Naftochinoni ed antrachinoni. Antibiotici .

#### II Modulo: Metaboliti primari (2 CFU)

- *Proteine* – Struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria delle proteine.
- *Carboidrati* – Monosaccaridi: classificazione e struttura; mutarotazione; reazione dei gruppi ossidrilici; reazioni al centro anomero. Disaccaridi: saccarosio, maltosio, lattosio. Oligosaccaridi: ciclodestrine. Polisaccaridi: amido e cellulosa.
- *Nucleotidi* – RNA e DNA: struttura, biosintesi trasmissione dell'informazione.
- *Lipidi* – acidi grassi saturi, insaturi e di struttura insolita. Fosfolipidi. Prostaglandine, tromboxani e leucotrieni: struttura e rilevanza biologica.

#### Testi consigliati:

- P. M. Dewick, *Medicinal Natural Products. A Biosynthetic Approach*, Wiley, Chichester, 1997
- P. Manitto, G. Speranza, *Elementi di Chimica delle Sostanze Organiche Naturali*, Libreria CLUED, Milano 2001

### **CHIMICA DEI COMPOSTI ETEROCICLICI**

*Crediti didattici 6*

Prof. Piero Dalla Croce

I composti eterociclici rappresentano una parte significativa della chimica organica di base e durante il corso saranno esaminati i metodi di sintesi e la reattività dei principali sistemi eterociclici.

La trattazione verterà su:

1. Nomenclatura dei sistemi eterociclici. Sistemi a tre e quattro termini contenenti azoto, ossigeno e zolfo: preparazione, reattività, reazioni d'apertura e uso in sintesi. (14 ORE)
2. Sistemi eteroaromatici: definizione di eteroaromaticità, classificazione in elettronricchi ed elettronpoveri, orbitali molecolari. Previsione di reattività con il metodo FMO, controllo di carica e di frontiera, reazioni di cicloaddizione 1,3-dipolari. (6 ORE)
3. Furano, tiofene, pirrolo, isossazolo, imidazolo e benzoderivati: principali schemi di sintesi, metodi di funzionalizzazione e reazione di metallazione. Riduzioni ed ossidazioni, sostituzioni elettrofile. Cenni a derivati di origine naturale (triptofano, porfirine, clorofilla, ecc.). (8 ORE)
4. Piridina, chinolina, isochinolina, 1,2-, 1,3-, 1,4-diazine, purine: approcci sintetici, comportamento agli elettrofili e nucleofili. N-ossidazione e reattività generale dei N-ossidi. Comportamento di alcuni gruppi funzionali. Prodotti naturali di particolare interesse (acido urico, caffeina, guanina, ecc.). (8 ORE)
5. Gli eterociclici quali sintoni nella sintesi organica. (4 ORE)
6. Esercitazioni sulla sintesi di derivati eterociclici. (8 ORE)

#### Testi consigliati:

- G. A. Pagani, A. Abotto, *Chimica Eterociclica*, Ed. Piccin, 1995.
- A. R. Katritzky, *Handbook of heterocyclic chemistry*, Pergamon Press, 1986.

### **CHIMICA DELLE MACROMOLECOLE**

*Crediti didattici 6*

Prof. Giuseppe Di Silvestro

Analogie e differenze tra sintesi di un polimero e sintesi di un prodotto (organico) a basso peso molecolare. Concetto e base chimica della distribuzione dei pesi molecolari; definizioni di masse molecolari medie di un polimero e metodi generali per la loro determinazione. Schema generale della polimerizzazione per policondensazione. Schema generale della polimerizzazione per poliaddizione. Elementi di stereochemica dei polimeri ed applicazione alla polimerizzazione coordinata. Elementi caratteristici dell'analisi spettroscopica dei polimeri. Copolimerizzazione e controllo della microstruttura di un copolimero. Proprietà termiche dei polimeri; degradazione e stabilizzazione dei polimeri. Proprietà meccaniche dei polimeri. Uso delle proprietà termiche e meccaniche nella tecnologia di trasformazione dei polimeri. Cenni sui principali processi industriali di sintesi di polimeri (con esempi).

## **METODI FISICI IN CHIMICA ORGANICA**

*Crediti didattici 6 (5 CFU per 40 ore di lezioni + 1 CFU per 16 ore di esercitazioni)*

Prof. Giordano Lesma

### Parte I. La Risonanza Magnetica Nucleare. 3 CFU di lezione frontale e 0,5 CFU di esercitazioni

#### *Le Basi della RMN. - 2 CFU (16 ore)*

Il concetto di spin, nuclei spin attivi in un campo magnetico, livelli energetici e transizioni, campione macroscopico, magnetizzazione macroscopica netta, esperimenti CW, rilassamento nucleare.

I parametri degli spettri RMN: teoria del chemical shift e dipendenza del ch. shift dai fattori strutturali di una molecola, il chemical shift del protone. Contributo del diamagnetismo locale e della densità elettronica degli atomi vicini. Influenza dei momenti magnetici indotti (anisotropia). Corrente di anello in sistemi ciclici coniugati ed elettroni pi. Effetto del campo elettrico. Legame di idrogeno. Effetto del solvente. Il chemical shift del carbonio. Regole di additività. Effetto gamma. Tecniche per l'assegnazione dei segnali.

L'accoppiamento di spin H-H, C-H e C-C: costanti di accoppiamento spin-spin. La costante diretta, geminale e vicinale: variazione dei valori in funzione dei sostituenti e della relazione spaziale in sistemi aciclici e ciclici. Costanti di long-range H-H e C-H in sistemi saturi e insaturi. Isocronia. Diastereotopia. Simmetria molecolare ed NMR. Omotopia e enantiotopia. Equivalenza chimica e magnetica di nuclei. Ordine di uno spettro RMN. Cenni sul calcolo dei sistemi di spin di ordine superiore: AB, A<sub>2</sub>B, ABX, AA'XX'. Spettri con sistemi di spin ingannevolmente semplici.

#### *Tecniche pulsate in RMN. - 0,5 CFU (4 ore)*

Il comportamento di un insieme di nuclei in un campo magnetico pulsato. Equazione di Bloch per My' ed il passaggio da sistema ad onda continua a sistema pulsato. Il rilassamento nucleare. I segnali nel dominio del tempo e della frequenza: la trasformata di Fourier. Elaborazione del segnale. Disaccoppiamento omo- e eteronucleare selettivo e a banda larga. Gated decoupling. Meccanismi di rilassamento. Misura dei tempi di rilassamento T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>: inversion recovery e spin echo. L'effetto nucleare Overhauser. *Tecniche RMN multipulsate mono- e bidimensionali 0,5 CFU (4 ore)*

L'esperimento di spin echo come introduzione alle sequenze pulsate monodimensionali. Innalzamento del segnale per trasferimento di polarizzazione (esperimenti SPI e INEPT). Esperimenti DEPT. Brevi cenni introduttivi di spettroscopia bidimensionale correlata eteronucleare (H,C-COSY) ed omonucleare (H,H-COSY). L'esperimento NOESY.

*Esercitazione sulla interpretazione degli spettri RMN ad alta risoluzione come applicazione dei concetti esposti nel corso delle lezioni teoriche e come metodo di verifica dell'apprendimento. 0.5 CFU (8 ore)*

#### Testi consigliati:

- H. Friebolin, Basic One- and Two-Dimensional NMR Spectroscopy, VCH.
- B. Danieli e G. Lesma, Equivalenza magnetica e classificazione dei sistemi di spin, Dispensa CUSL, 1992.
- G. Lesma e B. Danieli, Guida alla interpretazione degli spettri di RMN: esercizi e problemi. Dispensa CUSL, 1992.

### Parte II: La Spettrometria di Massa. 2 CFU di lezione frontale e 0.5 CFU di esercitazioni

#### *Aspetti strumentali della Spettrometria di Massa. 0,5 CFU (4 ore)*

La spettrometria di massa: concetti di base. Descrizione di uno strumento EI/E-B a geometria diretta e inversa. Moderni aspetti strumentali della MS: sorgenti CI, ionizzazione e disassorbimento di campo. Ionizzazione di grandi molecole: FAB e FIB, PDMS, thermospray, electrospray. L'analizzatore: sistemi a deflessione magnetica, Analizzatori a quadrupolo e a tempo di volo. Rivelatori. Sistemi di introduzione del campione. Cenni di GC-MS e LC-MS.

#### *Informazioni strutturali da ciascun ione. 0,5 CFU (4 ore)*

Risoluzione di uno strumento MS. Determinazione della composizione isotopica di uno ione mediante peakmatching ed HR-MS. Elementi A+2, A+1 e A. Numero di insaturazione. Analisi dello spettro: lo ione molecolare, requisiti ed abbondanza in relazione alla struttura, la regola dell'azoto, importanza relativa dei picchi di frammentazione. Ioni metastabili a decomposizione spontanea ed attivata.

#### *Meccanismi di frammentazione unimolecolare degli ioni. 1 CFU (8 ore)*

Fattori che influenzano l'abbondanza di uno ione. Le principali frammentazioni:  $\sigma$ ,  $\alpha$ , i, rH e rG.

Interpretazione di uno spettro MS: aspetto dello spettro, serie di ioni a masse basse, perdite di frammenti neutri, frammenti caratteristici.

*Esercitazione sulla interpretazione degli spettri MS-EI come applicazione dei concetti esposti nel corso delle lezioni teoriche e come metodo di verifica dell'apprendimento. 0.5 CFU (8 ore)*

#### Testi consigliati:

- J. R. Chapman, Practical Organic Mass Spectrometry, Wiley, London.

- M E. Rose and R. A. W. Johnstone, *Mass Spectroscopy for Chemists and Biochemists*, Cambridge University Press, Cambridge.
- E. De Hoffmann, J. Charette, V. Stroobant, *Mass Spectrometry. Principles and Applications*, Wiley Masson, London.

**ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA**

<b>insegnamento</b>	<b>docente</b>
Istituzioni di Matematiche	Stefania De Stefano
Chimica Generale e Inorganica	Sergio Cenini
Laboratorio Chimica Generale e Inorganica	Fabio Ragaini
Fisica Generale I	Michelangelo Fazio
Chimica Organica I	Francesco Sannicolò
Laboratorio Chimica Organica I corso A	Giovanna Speranza
Laboratorio Chimica Organica I corso B	Clelia Giannini
Chimica Analitica I	Patrizia Mussini
Laboratorio Chimica Analitica I corso	Vittoria Guglielmi
Calcolo Numerico	Flavia De Tisi
Laboratorio Informatico	Sabrina Gaito
Chimica fisica I	Maurizio Sironi
	Ermanno Gianinetti
Laboratorio Chimica fisica I	Silvia Ardizzone
Chimica Inorganica I	Gianfranco Ciani
Laboratorio Chimica Inorganica I corso A	Alessandro Ceriotti
Laboratorio Chimica Inorganica I corso B	Alessandro Pasini
Fisica Generale II	Giulia Luisa Masserini
Chimica Analitica II	Silvia Bruni
Laboratorio di Chimica Analitica II Corso	Gianmaria Zanderighi
Chimica Organica II	Bruno Danieli
Laboratorio Chimica organica II corso A	Giordano Lesma
Laboratorio Chimica organica II corso B	Paola Del Buttero
Sicurezza e Legislazione in Ambito Chimico	Paolo Cardillo
Accertamento Lingua Inglese	Jill Friedman
Controllo Qualità e Certificazione	Marina Perego
Chimica Fisica II	Leonardo Formaro
Laboratorio di Chimica Fisica II	Riccardo Destro
Chimica Biologica	Zippel Renata
Chimica dell'Ambiente	Gianmaria Zanderighi
Metodi di Indagine Strutturale di Materiali Inorganici	Piero Macchi
Chimica dei Composti di Coordinazione	Alessandro Ceriotti
Strutturistica Chimica	Mirella Sansoni
Chimica Fisica (complementi)	Emanuele Ortoleva
Chimica Computazionale	Maurizio Sironi
Chimica Teorica (quantistica)	Ermanno Gianinetti
Elettrochimica	Torquato Mussini
Chimica Organica (applicata)	Carlo Scolastico
	Cesare Gennari
Sintesi e Tecniche Speciali Organiche	Carlo Scolastico (disattivato a.a. 03-04)
Chimica delle Sostanze Organiche Naturali	Paolo Manitto
	Carlo Morelli
Chimica dei Composti Eterociclici	Piero Dalla Croce
Chimica delle Macromolecole	Giuseppe Di Silvestro
Metodi Fisici in Chimica Organica	Giordano Lesma



**CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA INDUSTRIALE**



## NOTE ILLUSTRATIVE PER IL CORSO DI LAUREA IN CHIMICA INDUSTRIALE

Il corso di laurea in Chimica Industriale appartiene alla classe delle lauree in Scienze e Tecnologie Chimiche, Classe 21. Si svolge nella Facoltà di Scienze M.F.N.

Il corso di laurea ha l'obiettivo di fornire agli studenti un'adeguata conoscenza dei diversi settori della chimica, negli aspetti di base e in quelli applicativi di interesse industriale, e di formarli a svolgere compiti di sviluppo di prodotti e di processi, con il passaggio dalla scala di laboratorio a quella industriale. Il laureato in Chimica Industriale potrà svolgere compiti gestionali, di conduzione e controllo di impianti, funzioni di tecnico ambientale. Potrà anche operare in un ufficio brevetti, senza escludere l'insegnamento e la formazione, nonché l'occupazione in uffici pubblici nei settori chimici e affini; se lo vorrà, potrà proseguire gli studi universitari in una delle Lauree specialistiche del settore.

La laurea in Chimica Industriale si propone di fornire gli strumenti culturali per ricercare, sviluppare e produrre per la società nei campi della salute, dell'alimentazione, della cosmesi, dell'ambiente, dell'energia, delle comunicazioni, dell'arredamento, dell'automobile.

Per l'ammissione al corso di laurea si applicano le disposizioni previste dal Regolamento didattico d'Ateneo, parte prima - art. 5, dal Regolamento della Facoltà di Scienze M.F.N. e dal Regolamento didattico del corso di laurea.

La durata normale del corso di laurea in Chimica Industriale è di tre anni.

L'itinerario didattico è articolato in sei semestri e prevede nei primi due anni l'acquisizione di una solida preparazione di base sia nelle materie chimiche (chimica analitica, chimica fisica, chimica inorganica, chimica organica) sia in matematica, fisica e informatica. Il terzo anno è dedicato in larga misura ad attività professionalizzanti, sia con insegnamenti specifici (chimica industriale, chimica fisica industriale, processi e impianti chimici), sia con un tirocinio applicativo e con la prova finale a questo connessa.

L'apprendimento delle competenze e delle professionalità da parte degli studenti è computato in crediti formativi universitari (CFU), articolati secondo quanto disposto dall'art. 3, punto 4, del Regolamento didattico d'Ateneo. Ad ogni credito formativo corrispondono:

nel caso di lezioni, 8 ore di insegnamento in aula e 17 ore di studio personale;

nel caso di esercitazioni e laboratori, 16 ore di attività pratica e 9 ore di studio personale;

nel caso di tirocinio, 25 ore di lavoro.

L'attività didattica comprende 60 CFU/anno, per un totale di 180 crediti complessivi. Questa attività consiste in lezioni, esercitazioni numeriche nonché un notevole numero di laboratori per attività sperimentali spesso a banco singolo. Almeno il 60% dell'impegno orario complessivo dello studente è riservato ad attività di tipo individuale, ivi incluso il tirocinio.

Le attività corrispondenti al tirocinio sono svolte, di preferenza, presso aziende ed enti, mediante stipula di apposite convenzioni; in difetto, presso i laboratori dell'Università di Milano o di altra Università.

Può aver luogo un insegnamento di Lingua inglese. In ogni caso è prevista una prova di conoscenza della lingua inglese (3 CFU), anche in assenza del relativo insegnamento.

**ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI**

La numerazione < > si riferisce al numero degli esami da sostenere. Gli insegnamenti indicati con lo stesso numero prevedono un unico voto d'esame.

**PRIMO ANNO**

<b>1° Semestre</b>				
<i>codice</i>	<i>insegnamento</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>esami e prove</i>	<i>SSD</i>
F46001	Istituzioni di Matematiche	9	<1>	MAT/05
F46002	Chimica Generale ed Inorganica	7	<2>	CHIM/03
	Laboratorio di Chimica Generale ed Inorganica	5		
F46003	Prova di Lingua Inglese	3	<prova 1>	
F46004	Laboratorio di Informatica	3	<3>	INF/01
<b>2° Semestre</b>				
F46005	Chimica Analitica	7	<4>	CHIM/01
	Laboratorio di Chimica Analitica	5		
F46006	Fisica Generale	9	<5>	FIS/01
F46007	Calcolo Numerico	7	<6>	MAT/08
	Corso a scelta	5	<7>	

**SECONDO ANNO**

<b>1° Semestre</b>				
<i>codice</i>	<i>insegnamento</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>esami e prove</i>	<i>SSD</i>
F46008	Chimica Organica 1° corso	7	<8>	CHIM/06
F46009	Chimica Fisica	7	<9>	CHIM/02
	Laboratorio di Chimica Fisica	5		
F46010	Chimica Inorganica	8	<10>	CHIM/03
	Economia e Gestione delle Imprese <sup>1</sup>	5	<11>	SECS-P/08
<b>2° Semestre</b>				
F46008	Laboratorio di Chimica Organica 1° corso	5	<8>	CHIM/06
F46011	Chimica Analitica Strumentale	7	<12>	CHIM/01
	Laboratorio di Chimica Analitica Strumentale	5		
F46012	Chimica Organica 2° corso	7	<13>	CHIM/06
F46010	Laboratorio di Chimica Inorganica	4	<10>	CHIM/03

**TERZO ANNO**

<b>1° Semestre</b>				
<i>codice</i>	<i>insegnamento</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>esami e prove</i>	<i>SSD</i>
F46015	Chimica Biologica	6	<14>	BIO/10
F46016	Chimica Fisica Industriale	7	<15>	CHIM/02
F46017	Chimica Industriale	7	<16>	CHIM/04
	Laboratorio di Chimica Industriale	4		
F46018	Laboratorio di Chimica Organica II	5	<17>	CHIM/06
<b>2° Semestre</b>				
F46019	Processi e Impianti Industriali Chimici	7	<18>	ING-IND/25
	Laboratorio di Processi e Impianti Industriali Chimici	4		

<sup>1</sup> Insegnamento da codificare

	Corso a scelta	5	<19>	<19>
	Tirocinio	9		
	Prova finale	6	<prova 2>	

**Corsi a scelta proposti e piano studi**

Dieci crediti sono a disposizione dello studente per essere destinati ad insegnamenti liberamente scelti tra quelli attivati presso la Facoltà di Scienze M.F.N. o altre Facoltà (“Corso a scelta” delle precedenti tabelle). Per una scelta di tali insegnamenti coerente con gli obiettivi formativi del corso di laurea, si propongono i seguenti corsi:

- Sicurezza nell'ambiente di lavoro e strumentazione chimica (raccomandato al 1° anno) 5 CFU (I modulo 3 CFU CHIM/06 + II modulo 2 CFU CHIM/04) - F46013
- "Gestione Aziendale (1° modulo, 3 CFU SECS-P/07) e Diritto Industriale (2° modulo, 2 CFU IUS/04)" (raccomandato al 3° anno) - F46022

*Gli studenti che, essendo iscritti nell'a.a. 2002-03 al 2° anno, hanno scelto sulla base del Manifesto degli studi a.a. 2002-03 come corso opzionale “Gestione Aziendale” (5 CFU), se non hanno ancora superato il corrispondente esame potranno modificare il loro Piano di studi per sostituire “Gestione Aziendale” con “Gestione Aziendale e Diritto Industriale” (5 CFU), ma in questo caso dovranno frequentare le lezioni relative a Diritto Industriale (2 CFU).*

**Propedeuticità.**

L'esame di “Chimica fisica industriale” deve essere sostenuto prima di quello di “Processi e impianti industriali chimici e laboratorio”. L'esame di “Chimica organica 1° corso” deve essere sostenuto prima di quelli di “Chimica organica 2° corso” e di “Chimica industriale”. Si consiglia, comunque, di sostenere gli esami di ciascun semestre prima di sostenere quelli dei semestri successivi.

**Insegnamenti disattivati dall'a.a. 2003-2004**

- F46020 Economia, Organizzazione Aziendale - Diritto Industriale
- F46014 Gestione aziendale

**Insegnamenti disattivati dall'a.a. 2005-2006**

- Economia e Organizzazione Aziendale

**Eventuale accesso alle lauree specialistiche**

Lo studente che ha conseguito la laurea in Chimica Industriale potrà iscriversi senza debiti formativi alla LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE.

Altre lauree specialistiche di area chimica sono la LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE e la LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI.



**PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI**

## PRIMO ANNO

### ISTITUZIONI DI MATEMATICHE

Crediti didattici 9

Prof. Alberto Alesina

Il corso di Istituzioni di Matematiche si propone di fornire allo studente i concetti matematici e le tecniche di calcolo di più frequente utilizzo nelle applicazioni. Lo studente che inizia il corso deve conoscere le nozioni di base comprese nell'apposita lista o seguire il corso di azzeramento (vedere progetto MiniMat nel Manifesto degli Studi). Non è invece indispensabile avere seguito in precedenza corsi di Analisi Matematica.

*I numeri:* interi, razionali, reali; ordinamento; potenze e radicali, esponenziali e logaritmi; numeri complessi. (1 CFU)

*Vettori e matrici, sistemi lineari:* operazioni fra vettori; rette e piani nello spazio; matrici e loro algebra, determinanti; autovalori e autovettori. (2 CFU)

*Successioni e serie:* successioni e loro limiti, monotonia, confronti, limiti notevoli; cenno alle serie numeriche.

*Funzioni di una variabile reale:* limiti, continuità, asintoti; funzioni elementari e loro grafici; composta e inversa. (1 CFU)

*Calcolo differenziale in una variabile:* derivate, massimi e minimi, studi di funzione; formula e serie di Taylor. (2 CFU)

*Calcolo integrale in una variabile:* Integrale definito, primitive (immediate, per decomposizione, sostituzione e per parti), teorema fondamentale che li collega; applicazioni fisiche e geometriche; integrali generalizzati. (1CFU)

*Funzioni di più variabili:* derivate parziali, gradiente, Hessiano; ottimizzazione in due variabili. (1CFU)

*Equazioni differenziali ordinarie:* del primo ordine lineari e a variabili separabili, del secondo ordine lineari a coefficienti costanti; condizioni iniziali, teorema di esistenza e unicità. (1CFU)

#### Testi consigliati:

- per il Precorso: F. Buzzetti e B. Lussi: Elementi di Matematica per l'accesso alle facoltà scientifiche. Ed. Città Studi. - *Materiale didattico on-line relativo al progetto MINIMAT* (Matematica di base)
- per il Corso: C. Pagani e S. Salsa: MATEMATICA. Ed. Zanichelli.
- *Materiale didattico on-line relativo al progetto MATASS* (Matematica assistita)
- Eserciziario: B.P. Demidovic: *Esercizi e problemi di Analisi Matematica*. Editori Riuniti
- Il materiale didattico on-line e' accessibile da: <http://ateneo.ctu.unimi.it/>

### CHIMICA GENERALE E INORGANICA

Crediti didattici 7

Prof. Michele Rossi

Struttura atomica della materia. Il legame chimico. Proprietà generali della materia. Termochimica. Acidi e basi. Sistemi elettrochimici. Risorse naturali. Elementi e loro composti.

### LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA

Crediti didattici 5

Prof. Guido Banditelli

Il corso, mirato a padroneggiare aspetti fondamentali e di uso più comune trattati nel corso di Chimica Generale, è basato sui principi del calcolo stechiometrico da acquisire mediante esercitazioni numeriche e esperimenti in laboratorio.

*Si affronteranno i seguenti argomenti (48 h):*

1. Grandezze fisiche e unità di misura (1 h): sistemi internazionali di misura; equazioni dimensionali; cifre significative.
2. Formule chimiche (1 h).
3. La mole, pesi atomici e molecolari (2 h).
4. Equazioni chimiche e bilanci di massa (10 h): bilancio di reazione; resa di reazione e agente limitante; bilancio in reazioni tra ioni e di ossidoriduzione.
5. Soluzioni (5 li): modi di esprimere le concentrazioni; equivalenti chimici in reazioni acido- base e di ossidoriduzione; diluizioni e miscelamenti; impiego delle soluzioni titolate.
6. Gas ideali (5 h): leggi dei gas ideali; miscugli gassosi.
7. Soluzioni ideali, proprietà colligative (2 h): legge di Raoult; ebullioscopia, crioscopia; pressione osmotica.
8. Termochimica (1 h): calorimetria, legge di Hess, bilancio termico.
9. Equilibrio chimico (6 h): principi generali e costanti di equilibrio; influenza delle variabili esterne; equilibri omogenei ed eterogenei; grado di dissociazione e di avanzamento; equilibri tra ioni, formazione e dissociazione di ioni complessi.
10. Equilibrio acido-base in soluzioni acquose (10 h): scala PII; calcoli di pH e di composizione in soluzioni di specie mono- e poliprotiche e in miscele.
11. Solubilità e prodotto di solubilità (5 h): soluzioni sature; precipitazione e dissoluzione; equilibri multipli per specie poco solubili: ioni in comune, acidità, agenti complessanti.

*Esercitazioni in laboratorio (32h)*

Strettamente connesse alle esercitazioni numeriche, comportano l'acquisizione di tecniche sperimentali di base mediante esperimenti, in banco singolo, di sintesi, purificazione e reattività di diversi composti e l'uso di soluzioni titolate.

Testi consigliati

- M. Freni, A. Sacco, *Stechiometria*, Ed. Ambrosiana
- L. Rosenberg, *Chimica Generale*, Collana Schaum Ed. ETAS Libri
- P. Michelin-Lauserot, G.A. Vaglio, *Fondamenti di Stechiometria*, Ed. PICCIN

**PROVA DI LINGUA INGLESE**

*Crediti didattici 3*

Mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica, vedi programma di "Accertamento Lingua Inglese"

**LABORATORIO DI INFORMATICA**

*Crediti didattici 3*

Dott.ssa Raffaella Lanzarotti

Vedi programma del corso "Laboratorio Informatico" del corso di laurea in Chimica.

**CHIMICA ANALITICA**

*Crediti didattici 7*

Prof. Patrizia Mussini

**PARTE 1: CONCETTI PROPEDEUTICI**

- *La Chimica Analitica*: concetto, storia, rilevanza. Metodi analitici. Campionamenti.
- *Elementi di teoria degli errori*. Media, mediana. Precisione, accuratezza. Errori assoluti e relativi, sistematici e casuali. Distribuzioni gaussiane. Deviazioni ed errori standard. Limiti e intervalli di confidenza. I parametri z e t. I test Q ed F. Detection limit. Cifre significative, arrotondamenti.
- *Termodinamica delle soluzioni*. Scale di concentrazione e diluizioni. Forza ionica, attività, coefficienti di attività ionici medi (eq. di Debye-Hückel) e singoli. Principali grandezze termodinamiche, potenziali chimici, costanti di equilibrio. Bilanci di carica e di massa. Descrizione non approssimata di equilibri complessi.
- *Termodinamica elettrodica*. I sistemi elettrochimici generatore ed elettrolizzatore. Legge di Nernst, costante di Faraday. Differenza di potenziale reversibile (ddp) di pila e suo collegamento con le principali grandezze termodinamiche; determinazione di attività di elettroliti da misure di ddp; classificazione degli elettrodi e corrispondenti semireazioni; scala di potenziali elettrodici e segnatura delle pile; i principali elettrodi ionoreversibili.

**PARTE 2: ANALISI VOLUMETRICA**

- *I metodi di titolazione in Chimica Analitica*. Punto di equivalenza, punto finale. Soluzioni standard. Metodi per la rilevazione del punto finale ed il monitoraggio di una titolazione. Titolazioni automatiche.
- *Titolazioni acido/base*. Descrizione esatta (De Levie) ed approssimata di equilibri acido/base semplici e complessi e delle relative titolazioni acido/base. Funzioni di distribuzione. Soluzioni standard. Indicatori colorimetrici con relativa teoria. Cenni di titolazioni in solventi non acquosi.
- *Titolazioni per precipitazione*. Solubilità e prodotti di solubilità, effetto della forza ionica e dello ione comune. Curve di titolazione di uno o più anioni. Reagenti e indicatori. Metodi di Mohr, Volhard e Fajans.
- *Titolazioni per complessazione*. Agenti chelanti. L'EDTA. Equilibri di complessazione; costanti di formazione condizionali; diagrammi di distribuzione di specie complesse. Calcolo di curve di titolazione. Reagenti e indicatori.
- *Titolazioni per ossidoriduzione*. Calcolo di curve di titolazione. Reagenti e indicatori.

**PARTE 3: ELETTROANALISI**

- *Conduttimetria*. Proprietà di trasporto elettrico di soluzioni elettrolitiche. Conduttimetro, cella conduttimetrica e sua taratura, correzione per la temperatura. Titolazioni conduttimetriche.
- *Potenziometria*. Il problema del passaggio da misura di attività ionica media ad attività ionica singola. Potenziali interliquidi, ponti salini. Potenziali di membrana, elettrodi ionoselettivi (ISE). Pila ed equazione operativa della pIonometria. Taratura a uno e a due standard. Parametri definenti le prestazioni di un ISE: grado di idealità, limite di rilevabilità, costanti di selettività, tempo di risposta. Metodi SAT, AAT, DAT e di Gran. Casistica di ISE ed elettrodi di riferimento. Il mVmetro/pHmetro. Titolazioni potenziometriche. Durezza delle acque e indice di Langelier. Cloro residuo nelle acque. Misura di pH in solventi non acquosi. Potenziale redox, rH.
- *Voltammetria*. Elementi di cinetica elettrochimica e derivazione di curve i vs h per casi semplici. Metodi voltammetrici. Segnali stazionari e non, reversibilità, adsorbimenti, correnti faradiche e capacitive. Celle e strumentazione. Voltammetria ciclica. Polarografia DC e DPP. Metodi di stripping per la determinazione di ioni in tracce.

- *Amperometria*. Metodo di Karl Fischer per la determinazione di tracce di acqua nei solventi organici e nei solidi.
- *Coulombometria*.

## LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA

Crediti didattici 5

Dott.ssa Patrizia Mussini

- *Lezioni*: norme di sicurezza, good laboratory practice, illustrazione delle metodiche delle esperienze di laboratorio; richiami sulle tecniche elettroanalitiche [Totale 8 ore]
- *Esercitazioni numeriche* su preparazione di soluzioni a titolo noto, calcoli relativi a titolazioni, elaborazione e trattamento statistico dei dati analitici. [Totale 12 ore]
- *Esercitazioni pratiche*:
  - *Analisi volumetrica*: preparazione di soluzioni standard, titolazioni acido/base (standardizz. di NaOH con KHP, di HCl con TRIS, determ. dell'acidità di un aceto per titolaz. con NaOH), titolazioni con formazione di complessi (standardizz. di EDTA con ZnO, tit. di Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> con EDTA), titolazioni per precipitazione (standardizz. di AgNO<sub>3</sub> con KCl secondo metodo di Mohr e secondo metodo di Fajans, determinazione dei cloruri con i due metodi), titolazioni per ossidoriduzione (standardizz. del sodio tiosolfato con potassio iodato, titolaz. iodometrica dell'acido ascorbico) [Totale 24 ore]
  - *Conduttimetria*: taratura del conduttimetro, misure dirette di conducibilità specifica e molare, titolazioni conduttimetriche acido/base (HCl, HCl +CH<sub>3</sub>COOH con NaOH) [Totale 4 ore]
  - *Potenzimetria*: costruzione di elettrodo ionoselettivo, sua retta di taratura e uso per determinazione diretta di plone; standard e misure dirette di pH, titolazioni acido/base (HCl con NaOH, HCl +CH<sub>3</sub>COOH con NaOH, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> con HCl) seguite per pH-metria, con riconoscimento di amminoacidi incogniti; titolazioni per ossidoriduzione (Fe<sup>2+</sup> con MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>) e per precipitazione (Cl<sup>-</sup> + I<sup>-</sup> con AgNO<sub>3</sub>) seguite potenziometricamente; titolazione complessometrica seguita potenziometricamente (Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> con EDTA), durezza totale e parziale delle acque e indice di Langelier [Totale 16 ore]
  - *Analisi completa di un campione di acqua minerale commerciale* [4 ore]
  - *Voltammetria e polarografia*: Voltammetria ciclica di Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup> su Pt, Polarografia DC e DPP di Pb<sup>2+</sup> e Ni<sup>2+</sup> [4 ore]

S'invitano gli studenti ad iscriversi al corso entro il 31 gennaio 2006 presso lo studio della prof.ssa Patrizia Mussini.

## FISICA GENERALE

Crediti didattici 9

Prof. Ettore Gadioli

### *Meccanica*

Grandezze fisiche e sistemi di unità di misura. Grandezze scalari e vettoriali.

Sistemi di riferimento. Cinematica del punto materiale. Dinamica del punto materiale. Lavoro ed energia. Leggi di conservazione. Campi di forza. Campo gravitazionale e campo Coulombiano. Sistemi di punti materiali e corpi estesi rigidi. Idrostatica e Fluidodinamica (solo per C.I.).

### *Elettromagnetismo*

Elettrostatica. Dielettrici. Correnti elettriche continue. Campo magnetico. Induzione elettromagnetica. Circuiti con correnti variabili nel tempo (circuiti RC e RL). Equazioni di Maxwell e onde elettromagnetiche.

### *Ottica*

Onde. Lo spettro della radiazione elettromagnetica. Fenomeni ondulatori: interferenza, diffrazione e polarizzazione. Ottica geometrica.

Le esercitazioni consistono nella risoluzione di problemi.

## CALCOLO NUMERICO

Crediti didattici 7 (5 CFU di lezioni + 2 CFU di esercitazioni)

Prof.ssa Flavia De Tisi

- Nozioni introduttive su errori dovuti alla rappresentazione dei numeri. Tipi di errore, propagazione, stima e maggiorazione. Mal condizionamento, stabilità. Operatori elementari: differenze in avanti, traslazione, confronto con operatore derivata. (4ore).



- Sistemi lineari. Metodi diretti (eliminazione di Gauss, diagonalizzazione, fattorizzazione  $A=LU$ ). Metodi iterativi (Jacobi, Gauss-Seidel), condizioni di convergenza, considerazioni sugli errori. Mal-condizionamento di matrice, numero condizione. Cenno all'inversione di matrice. (6 ore).
- Equazioni non lineari. Metodi iterativi, condizioni di convergenza, velocità di convergenza, test di fine iterazione. Metodi di bisezione, secanti, Newton, esempi di applicazioni particolari. (2 ore).
- Approssimazione polinomiale di funzioni e dati. Interpolazione polinomiale: Formule di Lagrange e Newton, errore di interpolazione. Funzioni splines, splines polinomiali cubiche naturali, tecnica dei momenti. Approssimazione a distanza minima, minimi quadrati nel discreto. Regressione lineare, coefficiente di correlazione. (11 ore).
- Concetti statistici elementari. Distribuzioni, cenno a test statistici e intervalli di confidenza (3 ore).
- Integrazione numerica. Formule di Newton-Cotes (punto medio, trapezi, Cavalieri-Simpson), formule composite. Formule di Gauss (cenno). Stima dell'errore. (4 ore).
- Equazioni differenziali ordinarie del primo ordine. Generalità su teorema di esistenza ed unicità, curve integrali. Metodi ad un passo con particolare riferimento ai metodi tipo Runge-Kutta (Eulero, Heun, Runge – Kutta4.). Ordine di un metodo. Analisi degli errori, studio sviluppato utilizzando il metodo di Eulero. Propagazione degli errori e considerazioni sulla stabilità. Metodi a più passi, Predictor-Corrector. Confronto tra i metodi ad un passo e i metodi a più passi. (10 ore).
- Esercitazioni (16 ore)

Testi consigliati:

- A. Quarteroni, F. Saleri, *Introduzione al Calcolo Scientifico*, Springer, Milano, 2001
- Nardi, Pareschi, Russo, *Introduzione al Calcolo Scientifico. Metodi e applicazioni con Matlab*. Mc Graw-Hill, 2001

## SECONDO ANNO

### CHIMICA ORGANICA I

Crediti didattici 7

Prof. Cinquini Mauro

- Nomenclatura dei composti organici. Analisi conformazionale di alcani e cicloalcani
- Stereoisomeria: Enantiomeri e diastereoisomeri. Chiralità e simmetria. Nomenclatura di stereoisomeri.. Reazioni stereospecifiche e stereoselettive. Risoluzione cinetica e “sintesi asimmetrica”.
- Cinetica e meccanismi di reazione. Intermedi e stati di transizione. Ioni carbonio, carbanioni, carbeni, radicali al Carbonio. Effetti induttivi e coniugativi.
- Alcani. Reazioni radicaliche di alogenazione. Sintesi di alcani.
- Alcheni: meccanismi di addizioni elettrofile. Idrogenazione, idroborazione, ozonizzazione, ossidrilazione, epossidazione, ciclopropanazione. Alogenazione allylica. Sintesi di alcheni.
- Dieni coniugati: il concetto di risonanza. Addizioni 1,2- e 1,4. Cicloaddizioni
- Alchini: acidità. Addizioni di alogeni, acqua, alcoli, tioli, borani, acidi. Riduzione. Sintesi di alchini.
- Alogenoderivati: Reazioni di sostituzione nucleofila e eliminazione. Sintesi da alcani, alcheni e alcoli.
- Composti organo-metallici: sintesi e reattività.
- Alcoli: trasformazione in eteri, esteri, alogenuri. Disidratazione. Ossidazione. Trasposizione pinacolica. Sintesi di alcoli e glicoli
- Eteri: Sintesi da alcoli e alcheni.
- Ossirani: Meccanismo e stereochimica dell'apertura dell'anello epossidico. Sintesi di ossirani..
- Aldeidi e chetoni:, tautomeria, acidità degli atomi di idrogeno in alfa. Addizione di acqua, alcoli, tioli, ammine, composti organometallici. Reazione di Wittig e analoghe. Reazione con ilidi di solfonio. Reazioni di condensazione aldolica, crotonica, di Henry, Darzens, Mannich. Alfa-alogenazione. Riduzione. Ossidazione. Sintesi di aldeidi e chetoni.
- Composti alfa-beta insaturi: addizioni 1-2 e 1-4 (reazioni di Michael).
- Acidi carbossilici e derivati. Acidità. Reazioni di addizione-eliminazione. Reazioni con organometallici. Riduzione. Condensazione di Claisen. Alfa-alogenazione di acidi. Sintesi di esteri, cloruri acilici, ammidi e acidi. Sintesi acetoacetica e sintesi malonica.
- Ammine: basicità e acidità; alchilazione, acilazione, reazione di Mannich. Sintesi: Gabriel, riduzione di ossime, ammidi, nitrili, nitro-composti, amminazione riduttiva.
- Immine, Enammine, Idrazoni, Ossime, Nitro-composti, Nitrili., Acilazidi e Diazochetoni. Trasposizioni anionotropiche.
- Amminoacidi, Carboidrati, Grassi e saponi.

#### Testi consigliati e di consultazione

- K.P.C. Vollhardt: Organic Chemistry, II edizione, Ed. Freeman, New York, 1994.
- S. Ege, Chimica Organica, II edizione Ed. Idelson-Gnocchi, 2003.
- A. Streitwieser et al., Chimica Organica, EdiSES, 1995

### CHIMICA FISICA

Crediti didattici 7

Prof. Paolo Carniti

#### Termodinamica

- Primo e secondo principio della termodinamica: lavoro, calore, energia interna, entropia.
- Funzioni ausiliarie e condizioni di equilibrio per sistemi chiusi e aperti: entalpia, energie libere, potenziale chimico.
- Termodinamica dei gas puri e delle miscele gassose.
- Equilibri di fase.
- Termodinamica delle soluzioni.
- Equilibrio di reazione in fase gassosa e in soluzione.
- Elettroliti. Celle elettrochimiche.
- Terzo principio della termodinamica

#### Struttura della materia

- Teoria quantistica.
- Struttura atomica. Orbitali atomici.
- Struttura molecolare. Legame chimico: teoria del legame di valenza, teoria dell'orbitale molecolare. Spettroscopia
- Legame nei solidi. Struttura cristallina.

## LABORATORIO DI CHIMICA FISICA

Crediti didattici 5

Prof.ssa Antonella Gervasini

Il corso tratta aspetti teorici e pratici di cinetica chimica ed è suddiviso in lezioni ed in esercitazioni di laboratorio. Le lezioni sono articolate in modo da fornire i fondamenti della cinetica chimica per una comprensione degli esperimenti da un punto di vista sia dell'impostazione delle modalità operative di svolgimento che dell'elaborazione dei dati sperimentali al fine di determinare i parametri cinetici con la loro significatività.

### Lezioni (2 crediti)

Velocità di reazione. Equazioni e costanti di velocità. Ordine di reazione e moleolarità. Equazioni cinetiche integrate di primo e di secondo ordine, di ordine zero, di ordine *ennesimo*. Grado di avanzamento di reazione. Tempo di semitrasformazione.

Determinazione dell'ordine di reazione. Reazioni parallele. Reazioni opposte (di equilibrio). Reazioni consecutive. Approssimazione dello stato intermedio stazionario. Stadio determinante la velocità di reazione.

Dipendenza della costante di velocità dalla temperatura. Equazione di Arrhenius: fattore pre-esponenziale ed energia di attivazione. Teoria delle collisioni. Teoria dello stato di transizione, equazione di Eyring. Entropia, entalpia ed energia libera di attivazione.

Catalisi omogenea. Catalisi acido-base. Relazioni di Broensted.

### Esperienze di laboratorio e relazione (3 crediti)

Illustrazione delle esperienze: meccanismo della reazione svolta, aspetti cinetici, aspetti analitici, modalità operative, raccolta ed elaborazione dei dati sperimentali.

## CHIMICA INORGANICA

Crediti didattici 8

Prof.ssa Dominique Roberto

NB: Il programma si riferisce all'a.a. 2004-2005

- 1) Correlazione tra struttura elettronica degli atomi secondo Slater, livelli elettronici e proprietà degli elementi per arrivare alla Tavola Periodica. Caratteristiche periodiche di energia di ionizzazione, affinità elettronica e infine dell'elettronegatività. Approfondimento e paragone dei concetti di elettronegatività, di polarizzabilità e di potere polarizzante. Binding energies e variazione delle energie di coesione nel sistema periodico. Distribuzione periodica di metalli, isolanti, semiconduttori e infine di non metalli a carattere molecolare. Allotropia e zone di borderline tra metalli e non metalli. Caratteristiche periodiche dei legami elemento-idrogeno, elemento-alogeni e elemento-elemento. Caratteristiche periodiche dei metalli (elettropositivi, mediamente elettropositivi e infine nobili) e correlazione con la loro elettronegatività. Periodicità nella distribuzione e nella preparazione degli elementi. Aspetti termodinamici generali dei processi metallurgici.
- 2) Le caratteristiche dei solventi e le correlazioni tra solubilità e energie reticolari dei solidi. Le teorie generali degli acidi e delle basi. Le caratteristiche e proprietà in acqua degli ossiacidi. I superacidi e superbasi in solventi non acquosi. L'interazione acido-base di Lewis e i concetti di acceptor e donor numbers dei solventi. Acidi e basi soft e hard, gli ioni metallici come centri acidi soft e hard; i solventi donatori come basi soft e hard.
- 3) La chimica dell'idrogeno, la chimica degli idruri semplici e il legame di idrogeno.
- 4) La chimica degli elementi del blocco s: metalli alcalini e alcalino-terrosi. Aspetti generali e industriali.
- 5) La chimica degli elementi del blocco p inclusi i Gas Nobili. Aspetti generali e industriali.
- 6) La chimica dei lantanidi e dei transuranici. Aspetti generali.
- 7) La chimica di Rame, Argento e Oro.
- 8) Cenni alla chimica dei metalli di transizione: caratteristiche metalliche, forze di coesione, potenziali di ionizzazione. I differenti comportamenti degli elementi del primo periodo di transizione rispetto al secondo e al terzo (stabilità degli stati di ossidazione e proprietà redox); il passaggio dagli elementi con pochi elettroni d (caratteristiche meno metalliche, comportamento hard degli ioni, proprietà degli ossiacidi e ossoanioni) agli elementi con molti elettroni d (caratteristiche metalliche, comportamento soft degli ioni).
- 9) Cenni di chimica di coordinazione: Numeri di coordinazione; geometria di coordinazione; tipi di leganti; nomenclatura; isomeria; effetto templato. Le costanti di stabilità e l'effetto chelante. Teoria del campo cristallino; la serie spettrochimica; energia di stabilizzazione del campo cristallino; effetto Jahn-Teller; teoria del campo dei leganti. Alti e bassi stati di ossidazione: caratteristiche dei legami e dei leganti che stabilizzano le tre diverse classi (bassi, medi, alti stati di ossidazione).

### Testi consigliati:

- . P. Chini "Complementi di Chimica Generale e Inorganica", Ed. Clued;
- . F. A. Cotton, G. Wilkinson and P.L. Gauss "Basic Inorganic Chemistry" 3rd Ed. J. Wiley;
- . L. Malatesta "Compendio di Chimica Inorganica" 4<sup>a</sup> edizione, Casa Editrice Ambrosiana;

Appunti del corso in dispense dattiloscritte.

## **ECONOMIA E GESTIONE DELLE IMPRESE**

*Crediti didattici 5*

Dott.ssa Laura Iacovone

### *Obiettivi formativi del corso*

Il corso intende fornire agli studenti gli strumenti di base – sia concettuali che operativi – per comprendere il funzionamento dell'impresa e le problematiche gestionali ad essa connessi.

Il corso è strutturato in quattro parti, rispettivamente: l'impresa; il settore e la concorrenza; il management strategico nei contesti dinamici; gli strumenti di controllo. La prima sezione è dedicata in particolare all'approfondimento della natura, dei soggetti, delle finalità e dei principali meccanismi di funzionamento dell'azienda, intesa quale dimensione economica delle organizzazioni. La seconda parte si focalizza sull'analisi del settore e della struttura della concorrenza, che consente alle aziende di definire le strategie competitive, atte a conseguire vantaggi competitivi sostenibili nel tempo. Tra queste, oltre alle strategie volte al soddisfacimento delle esigenze della domanda di riferimento, si evidenziano le scelte di integrazione verticale e orizzontale, nonché le strategie di diversificazione che determinano la modifica dei confini dell'impresa. Le problematiche approfondite nei punti precedenti vengono ulteriormente indagate nella terza parte, dedicata alle specificità dell'agire strategico in contesti dinamici e fortemente innovativi, quali sono attualmente i settori high tech. L'ultima sezione è dedicata infine agli strumenti di controllo e alle modalità di misurazione dei risultati dell'attività d'impresa.

Le modalità didattiche prevedono il ricorso, oltre alle lezioni tradizionali, ad esercitazioni e discussioni di case history.

### *Programma sintetico del corso*

#### *L'Impresa*

- Gestione d'impresa e creazione di valore economico
- I livelli della strategia di impresa
- Risorse e competenze per il vantaggio competitivo

#### *Il settore e la concorrenza*

- L'analisi del macroambiente: minacce e opportunità
- Il contesto competitivo e la struttura della concorrenza
- L'analisi della domanda: segmentazione e posizionamento
- Le fonti dei vantaggi competitivi e le dinamiche concorrenziali
- L'integrazione verticale e orizzontale; le strategie di diversificazione

#### *Il management strategico nei contesti dinamici*

- Cambiamento ambientale e competenze dinamiche
- Il sostenimento dei vantaggi competitivi in ambienti dinamici: innovazioni radicali e architetturali
- Le strategie di impresa in scenari competitivi globali

#### *Gli strumenti di controllo e la misurazione dei risultati*

- La dinamica dei costi
- Il budget: strumento di pianificazione, programmazione e controllo
- Il bilancio: fondamenti, riclassificazione e indici.

#### Lucidi e materiale didattico a cura del docente

Grant R.M., 1999, *L'analisi strategica per le decisioni aziendali*, Il Mulino (esclusi capp. 6,14,16,17)

#### Testi d'esame per non frequentanti

- Grant R.M., 1999, *L'analisi strategica per le decisioni aziendali*, Il Mulino
- Benassi M., 2005, *Economia e gestione delle imprese*, CEDAM (solo Sezione 4: *Gestione Finanziaria e analisi di bilancio*: capp.16-17-18-19-20)

#### Orario di ricevimento

Lunedì, 12,30 – 14,30 presso l'istituto di Chimica Industriale – III piano

## **ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE**

*Crediti didattici 5*

Prof. Mario Benassi

## **Insegnamento disattivato dall'a.a. 2005-2006**

### *Contenuto e obiettivi*

Il corso di Economia e Organizzazione Aziendale intende fornire agli studenti gli strumenti di base, sia concettuali che operativi, per comprendere il funzionamento dell'impresa e i problemi gestionali ad essa connessi, tenuto conto della specializzazione degli stessi in altri domini, da un lato, e dalla esigenza, che avranno nella loro vita professionale futura, di relazionarsi con il mondo aziendale, dall'altro.

Per queste ragioni, il corso offre nella prima parte gli strumenti teorici di base (cosa è e come funziona un mercato, quali sono i principi di base della concorrenza, che cosa differenzia tra loro le diverse forme di mercato; come nascono e in che cosa si caratterizzano le imprese), mentre nella seconda fornisce i concetti di riferimento per la analisi e la valutazione settoriale (analisi delle forze competitive) e nella terza offre una sintetica rappresentazione dei problemi gestionali di impresa, e degli strumenti da essa impiegati per svolgere la propria attività (ivi compresa una porzione sul bilancio)

### *Metodologie di insegnamento*

Il corso si basa su lectures e su attività di docenza frontale; agli studenti, oltre alla partecipazione alle lezioni, è richiesto lo studio e la preparazione del materiale assegnato (casi, esercitazioni, altro)

### *Esame*

L'esame consiste per i frequentanti in due prove intermedie basate sui lucidi delle lezioni e sul materiale distribuito; per i non frequentanti in una prova orale basata sul testo M. Benassi (2004) *Economia e gestione di impresa*

## **LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA I**

*Crediti didattici 5 (1 CFU esercitazioni in aula per 16 ore; 4 CFU di esercitazioni in laboratorio per 64 ore)*

Prof. Franco Cozzi

Il corso tratta i seguenti argomenti:

1. Principali tecniche di isolamento e purificazione di composti organici (separazioni estrattive, cristallizzazione, distillazione, cromatografia)
2. Sicurezza e prevenzione nei laboratori chimici
3. Aspetti sperimentali delle reazioni basilari della chimica organica (ossidazioni, riduzioni, condensazioni, sostituzione nucleofila, sintesi di Fischer)

*Il corso si conclude con una prova pratica, che costituisce prova d'esame.*

### Testi consigliati:

- L.M. Harwood, C.J. Moody - *Experimental Organic Chemistry: principles and practice* - Blackwell Scientific Publications
- R.M. Roberts, J.C. Gilbert, S.F. Martin - *Chimica Organica Sperimentale* - Zanichelli

## **CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE**

*Crediti didattici 7 (6 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)*

Prof. Michele Gullotti

### *Fondamenti di Chimica Analitica Strumentale*

- Introduzione ai metodi spettrofotometri (2 ore) - Teoria quantistica applicata alla spettroscopia. Strumentazione.
- Spettroscopia fotoelettronica (4 ore) - Teoria e fondamenti. Strumentazione. Spettri fotoelettronici.
- Spettroscopia Atomica di assorbimento e di emissione (4 ore) - principi e teoria. Processi di atomizzazione. Sorgenti di radiazione. Applicazioni analitiche quali e quantitative.
- Spettroscopia di assorbimento UV-Vis, chemiluminescenza, infrarossa e raman (12 ore) - Assorbimento molecolare della radiazione. Spettri elettronici. Legge di Lambert-Beer. Effetto della struttura molecolare sull'assorbimento. Regole di selezione. Intensità delle transizioni elettroniche. Studio di cromofori. Applicazioni spettrofotometriche. Strumentazione. Analisi quantitative. Fluorescenza e fosforescenza. Strumentazione. Applicazioni. teoria e fondamenti. Legami molecolari e struttura molecolare. Spettri vibrazionali. Regole di selezione e intensità delle transizioni vibrazionali. Sistemi di campionamento. Strumentazione e analisi quantitative. Interpretazione di spettri infrarossi e raman.
- Spettroscopia di risonanza magnetica nucleare (NMR) e di risonanza paramagnetica elettronica (EPR) (14 ore) - Proprietà magnetiche dei nuclei. Interpretazione classica e quantomeccanica della risonanza magnetica nucleare. Strumenti ad onda continua (CW) e a trasformata di Fourier (FT NMR). Spostamento chimico. Accoppiamento spin-spin. Dipendenza dal tempo dei fenomeni NMR. Applicazioni analitiche. Interpretazione degli spettri NMR di molecole organiche. Cenni di spettroscopia NMR bidimensionale, tridimensionale e in stato solido. Tomografia NMR (Imaging).

Altre applicazioni. Condizioni di risonanza. Equilibrio termico e rilassamento di spin. Strumentazione. Applicazioni analitiche.

- Polarimetria e Spettropolarimetria (2 ore) - Teoria. Strumentazione. Dicroismo circolare.
- Spettrometria di massa (4 ore) - Introduzione. Aspetti teorici. Il principio fisico del metodo. Strumentazione. Relazione tra struttura molecolare e frammentazione. Applicazioni analitiche. Interpretazione di spettri di massa.
- Cromatografia (6 ore) - Classificazione dei metodi cromatografici. Tecniche di separazione.
- Cromatografia liquido-solido: tecniche di adsorbimento. Cromatografia su colonna. Scambiatori ionici inorganici, organici e polimerici. Proprietà degli scambiatori. Applicazioni. Cromatografia liquido-liquido: teoria della ripartizione. Cromatografia su colonna, su carta, su strato sottile. Cromatografia liquida sotto pressione (HPLC). Applicazioni analitiche della cromatografia HPLC.
- Gas-cromatografia: introduzione. Aspetti di equilibrio e meccanicistici. Termodinamica e cinetica della gas-cromatografia. Strumentazione. Rivelatori. Analisi quali e quantitative.
- Esercitazioni (16 ore) – Risoluzione di problemi.

#### Testi consigliati

- Skoog, Leary, *Chimica Analitica Strumentale*, Edises, Napoli.
- Skoog, Holler, Nieman, *Principles of Instrumental Analysis*, Fifth Edition, Saunders College Publishing.
- H.H. Bauer, G.D. Christian, J.E. O'Reilly, *Analisi Strumentale*, Ed. Piccin.
- R.M. Silverstein, F.X. Webster, *Identificazione spettroscopica di composti organici*, Ed. CEA.

### **LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE**

*Crediti didattici 5 (4 CFU di Esercitazioni a banco + 1 CFU di esercitazioni numeriche)*

Dott.ssa Laura Santagostini

#### *Metodologie spettroscopiche UV-Vis*

- Applicazione della legge di Lambert-Beer ad una miscela di due componenti in soluzione
- Determinazione spettrofotometrica del pKa di un indicatore
- Determinazione del ferro in vari componenti
- Esame spettrofotometrico UV degli oli di oliva
- Determinazione della costante di legame di un complesso metallorganico con azide

#### *Metodologie spettroscopiche IR*

- Determinazione quantitativa di una miscela di xileni
- Riconoscimento qualitativo delle frequenze di gruppo di composti organici

#### *Metodologie spettroscopiche di assorbimento atomico*

- Determinazione in tracce di metalli in soluzione

#### *Metodologie cromatografiche*

- Separazione e determinazione di una miscela organica per HPLC
- Determinazione gas-cromatografica di una miscela di composti organici ossigenati
- Determinazione gas-cromatografica di una miscela di composti idrocarburici
- Verranno inoltre effettuate registrazioni e interpretazioni di spettri di Risonanza magnetica nucleare (NMR), di Massa (MS-CI), di spettroscopia Raman e spettroscopia di Fluorescenza.
- Sedici ore infine, saranno utilizzate per esercitazioni numeriche sulla legge di Lambert-Beer; per l'assegnazione, nella spettroscopia IR, delle frequenze di gruppo ai principali composti organici; per la determinazione, nella spettroscopia NMR, del chemical shift dei protoni e dei carboni <sup>13</sup>C nei composti organici; per la determinazione, nella spettrometria di massa, delle frammentazioni nei composti organici.

### **CHIMICA ORGANICA II**

*Crediti didattici 7*

Prof. Stefano Maiorana

#### 1. Sistemi Aromatici CFU 4+0.5 (eserc.)

##### *Sistemi aromatici carbociclici*

1. Considerazioni generali sui composti aromatici
2. Proprietà chimico-fisiche dei sistemi aromatici
3. Elementi della teoria degli orbitali molecolari

4. Significati dell'energia di risonanza
5. Aromaticità dei sistemi non benzenoidi. Regola di Huckel

*Reazioni di sistemi benzenoidi*

1. Sostituzioni elettrofile
2. Sostituzioni nucleofile
3. Sostituzioni elettrofile e nucleofile sull'anello del naftalene

*Areni*

1. Proprietà fisiche, fonti industriali
2. Metodi di ottenimento e comportamento chimico

*Alogeno derivati*

1. Proprietà fisiche e comportamento chimico
2. Metodi di preparazione
3. Alogenuri arilici di particolare interesse

*Alogenuri arilalifatici*

1. Comportamento chimico e metodi di preparazione

*Nitroderivati aromatici*

1. Proprietà fisiche e comportamento chimico
2. Metodi di preparazione
3. Nitroderivati aromatici di particolare interesse

*Ammine aromatiche*

1. Proprietà fisiche, basicità e comportamento chimico
2. Metodi di preparazione
3. Ammine aromatiche di particolare interesse
4. Ammine arilalifatiche

*Diazocomposti aromatici, sali di diazonio e loro derivati*

1. Metodi di ottenimento dei sali di diazonio
2. Struttura dei sali diazonio
3. Comportamento chimico dei sali di diazonio
4. Reazione di arilazione
5. Riduzione

*Derivati aromatici con funzioni nitroso-, idrossilammino-, idrazo-, azo.*

*Fenoli*

1. Proprietà fisiche, acidità e comportamento chimico
2. Metodi di preparazione
3. Fenoli di particolare interesse

*Aldeidi aromatiche*

1. Proprietà fisiche e comportamento chimico
2. Metodi di preparazione
3. Aldeidi aromatiche di particolare interesse

*Chetoni aromatici*

1. Proprietà fisiche e comportamento chimico
2. Metodi di preparazione
3. Chetoni aromatici di particolare interesse

*Acidi arilcarbossilici*

*Chinoni*

1. Proprietà chimico-fisiche e comportamento chimico
2. Metodi di preparazione
3. Chinoni di particolare interesse

*Derivati organici solforati, acidi arisolfonici, acidi solfonici, acidi solfenici, solfuri, solfosidi e solfoni, tiofenoli*

2. Sistemi Eterociclici CFU 2+0.5 (eserc.)

Generalità, classificazioni, nomenclatura

*Eteroaromaticità*

1. Estensione di concetto di aromaticità agli eterocicli
2. Densità elettronica e ordine di legame
3. Densità di carica e ordine di legame

*Basicità, acidità e tautomeria nei sistemi eterociclici azotati*

1. Sistemi eterociclici con carenza elettronica
2. Sistemi eterociclici con eccedenza elettronica

*Comportamento chimico e reattività nei sistemi eterociclici*

1. Sostituzioni elettrofile
2. Sostituzioni nucleofile
3. Reazioni specifiche di gruppi funzionali nella serie eterociclica

Considerazioni generali sul modo di formazione dei sistemi eterociclici

*Anelli eterociclici a 5 atomi contenenti un eteroatomo*

- Pirrolo e benzoderivati. Furano
- Tiofene

*Azine, piridina. Piridina N-ossido.*

- Sintesi
- Reattività e selettività nei riguardi di reagenti elettrofili e nucleofili
- Eventuale reattività specifica nei gruppi funzionali (metile, ammino, mercapto, ossidrilico, alogeno, ecc.)

*Imidazolo, Pirazolo, Isossazolo.*

Sintesi e selettività nei riguardi di reagenti elettrofili e nucleofili

Eventuale reattività specifica nei gruppi funzionali (metile, ammino, mercapto, ossidrilico, alogeno, ecc.)

Testi consigliati

- J. March, *Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure*, ed. McGraw-Hill Book Company;
- A. Streitwieser et al., *Chimica Organica*, Edi SES, 1995.

## **LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA**

*Crediti didattici 4 (64 ore)*

Prof.ssa Dominique Roberto

*Esercitazioni di laboratorio (14 pomeriggi in laboratorio + 1 pomeriggio in biblioteca, per un totale di ca 56 h = 3,5 crediti).*

Preparazione, purificazione e caratterizzazione chimico-fisica di composti di coordinazione e metallorganici di Cr, Mn, Fe, Co, Mo, Cu; preparazione di una relazione critica sugli esperimenti e sui risultati. Gli esperimenti di questo Corso sono stati scelti per mostrare allo studente: (i) come effettuare semplici reazioni inorganiche o metallorganiche; (ii) come isolare e purificare dei composti inorganici e metallorganici, in particolare utilizzando la tecnica di cristallizzazione o di cromatografia; (iii) come caratterizzare i composti inorganici e metallorganici, in particolare attraverso la misura del punto di fusione, l'utilizzo delle spettroscopie infrarossa e UV-visibile, della risonanza magnetica nucleare del protone ( $^1\text{H}$  NMR) e del carbonio ( $^{13}\text{C}$  NMR), della suscettività magnetica.

Esercitazione in biblioteca: impostazione delle regole per la ricerca bibliografica.

*Esercitazioni in aula (8 h = 0,5 credito).*

Esercitazioni scritte riguardanti la chimica di coordinazione e la chimica metallorganica: magnetismo degli ioni dei metalli di transizione (alto e basso spin); complessi labili e inerti e effetto trans; la regola dei 18 elettroni e suoi esercizi applicativi in metallorganica e chimica della coordinazione.

Testo consigliato:

- Manuale di laboratorio in dispense dattiloscritte



## TERZO ANNO

### CHIMICA BIOLOGICA

Crediti didattici 6 (6 CFU di lezione) - Modalità d'esame: prova scritta

Prof.ssa Renata Zippel

*Introduzione (3 ore):* Scopo e campi di studi della biochimica. La cellula come unità fondamentale dei processi chimici negli organismi viventi. Ruolo dell'acqua nei processi biologici. *Aspetti termodinamici dei processi biologici:* composti ad alto contenuto energetico: ATP e composti ad alto potenziale di trasferimento di gruppo.

*Proteine (8 ore):* Livelli di organizzazione strutturale delle proteine; struttura primaria, secondaria terziaria e quaternaria. Fattori determinanti la struttura secondaria e terziaria delle proteine. Alcuni esempi di proteine: mioglobina, emoglobina.

*Enzimi (10 ore):* Classificazione degli enzimi e funzione. Coenzimi e cofattori. Cinetica enzimatica, Inibizione enzimatica. Esempi di meccanismi di catalisi enzimatica. Regolazione dell'attività enzimatica: allosteria e modificazioni covalenti.

*Metabolismo (10 ore):* Aspetti generali. *Metabolismo dei carboidrati:* Glicolisi e fermentazione alcolica. Regolazione della glicolisi. Processi ossidativi: ossidazione del piruvato, ciclo dell'acido citrico, vie anaplerotiche. Gluconeogenesi. Sintesi e degradazione del glicogeno. *Ossidazioni biologiche:* Catena respiratoria: trasporto degli elettroni e fosforilazione ossidativa.

*Acidi nucleici (11 ore):* Struttura dei diversi tipi di DNA e livelli di organizzazione strutturale, stabilità della struttura. I diversi tipi di RNA. Metodiche per il sequenziamento del DNA, accenni alla genomica funzionale *Flusso dell'informazione:* Processi di replicazione e riparo del DNA. Processi di trascrizione: sintesi dell'RNA messaggero, dell'rRNA e tRNA, il codice genetico.

*Sintesi delle proteine (5 ore).* Ribosomi, il processo di traduzione: attivazione degli amminoacidi e formazione dei amminoacil tRNA, reazione di inizio, di allungamento e terminazione della traduzione.

*Elementi base di DNA ricombinante e biotecnologie (1 ore).* Plasmidi ed enzimi di restrizione.

#### Testo consigliato

- D. Nelson, M. Cox, *I principi di Biochimica di Lehninger*. Terza edizione 2002 Zanichelli

### CHIMICA FISICA INDUSTRIALE

Crediti didattici 7

Prof. Lucio Forni

#### *Fenomeni di trasporto e applicazioni:*

- Trasferimento di quantità di moto ed applicazioni (2,5 CFU): Trasporto molecolare e diffusione. Processi di trasporto nei fluidi. Proprietà fisiche dei fluidi e loro misura. Processi fluenti stazionari. Equazione del bilancio energetico. Equazioni di continuità, di Navier-Stokes, di Eulero, di Bernoulli. Resistenza al moto dei fluidi nei condotti. Equazione del bilancio meccanico. Equazione di Fanning. Moto laminare e moto turbolento. Misure di portata e velocità dei fluidi. Moto isotermico di gas viscosi. Moto di fluidi attraverso masse porose. Equazioni di Blake-Kozeny, di Burke-Plummer, di Ergun. Filtrazione. Moto di solidi attraverso fluidi. Fluidizzazione. Compressione dei gas. Pompe e compressori.
- Trasferimento di calore ed applicazioni (1 CFU): Conduzione stazionaria e non stazionaria del calore. Convezione. Coefficienti liminari e loro determinazione. Scambiatori di calore. Proprietà termodinamiche del vapor d'acqua. Irraggiamento. Trasmissione di energia raggiante fra superfici solide. Irraggiamento di gas e vapori.
- Trasferimento di massa ed applicazioni (1,5 CFU): Diffusione. Leggi di Fick. Equazione di continuità. Diffusione stazionaria e non stazionaria. Coefficienti di trasferimento di massa. Trasferimento simultaneo di massa e calore. Trasferimento di massa tra fasi fluide a contatto. Teorie del doppio film e della penetrazione. Trasferimento di massa e calore all'interno di masse solide porose. Psicrometria. Raffreddamento dell'acqua

#### *Catalisi industriale:*

- Introduzione alla catalisi ed aspetti applicativi della stessa (1 CFU): Definizioni. Adsorbimento. Cinetica delle reazioni catalitiche. Preparazione e caratterizzazione di un catalizzatore. Reattori catalitici da laboratorio. Impianti pilota catalitici.

#### *Esercitazioni numeriche riepilogative (1 CFU)*

#### *Nota:*

Le lezioni teoriche sono alternate ad esercitazioni numeriche. Le esercitazioni riepilogative sono basate su problemi d'esame degli anni precedenti. L'esame di profitto consiste in uno scritto, costituito da problemi inerenti agli argomenti trattati, seguito da un colloquio orale.

Testi consigliati:

- L.Forni, *Fenomeni di Trasporto*, Cortina, Milano 1994
- L.Forni, *Introduzione alla Catalisi*, CUSL, Milano, 1993
- M.Bowker, *The Basis and Applications of Heterogeneous Catalysis*, Oxford University Press, Oxford, 1998.
- R.B.Bird, W.E.Stewart, E.N.Lightfoot, *Transport Phenomena*, Wiley, London, 1960
- C.O.Bennet, J.E.Myers, Momentum, *Heat and Mass Transfer*, McGraw-Hill, New York, 1962.

**CHIMICA INDUSTRIALE**

*Crediti didattici 7*

I modulo Prof. Giuseppe Faita - II modulo Prof.ssa Elisabetta Ranucci

Modulo I: 5,5 CFU

Struttura del costo di un prodotto industriale. Produzione di idrogeno [steam reforming endotermico e autotermico di gas naturale, GPL e nafta, ossidazione parziale di oli pesanti, conversione dell'ossido di carbonio, purificazione, trattamento dell'acqua di raffreddamento, trattamento dell'acqua per i generatori di vapore, compressione - schemi a blocchi - costo di produzione]

Elettrolisi cloro/soda [tecnologie a membrana, a diaframma, a catodo di mercurio] - Materiali di costruzione [acciai al carbonio, acciai bassoalegati, acciai inox, superleghe, materiali plastici rinforzati] - Metodi di controllo non distruttivo in ispezione impianti.

Modulo II: 1,5 CFU

Sintesi di monomeri per la produzione di polimeri di massa: monomeri vinilici alogenati, (vinil cloruro e tetrafluoroetilene); acidi dicarbossilici (acido adipico,  $\omega$ -aminoundecanoico); esametilendiammina.;  $\epsilon$ -caprolattame; stirene e divinilbenzene.

Sintesi di polimeri: polimeri radicalici (polistirene); polimeri di policondensazione (poliammidi).

**LABORATORIO DI CHIMICA INDUSTRIALE**

*Crediti didattici 4 (I modulo 2,5 CFU + II modulo 1,5 CFU)*

I modulo Prof.ssa Elisabetta Ranucci - II modulo Dott.ssa Amedea Manfredi

Sintesi di  $\epsilon$ -caprolattame: ossidazione di cicloesano a cicloesanone, seguita da ossimazione e, successivamente, da trasposizione di Beckmann.

Sintesi del Nylon-6 mediante processo di polimerizzazione per apertura di anello. Sintesi di polistirene mediante processo di polimerizzazione radicalica in massa, in soluzione e in emulsione. Studio dell'effetto del trasferimento di catena sull'andamento dei pesi molecolari.

**LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA II**

*Crediti didattici 5*

Prof.ssa Emanuela Licandro

Verranno preliminarmente svolte 16 ore di esercitazioni [1 CFU] in aula durante le quali si approfondiranno concetti e reazioni trattati nel corso di Chimica Organica 2° corso, con particolare riguardo alle reazioni che saranno oggetto delle esercitazioni di laboratorio. Nell'ambito del corso, alcune ore verranno dedicate all'approfondimento delle problematiche connesse alla sicurezza nei laboratori chimici.

In laboratorio verranno svolte 64 ore [4 CFU] di esercitazioni a banco singolo, durante le quali lo studente eseguirà sintesi a uno o più stadi con caratterizzazione anche spettroscopica dei prodotti finali ottenuti. La scelta degli esperimenti e delle condizioni di reazione è stata fatta tenendo in considerazione i problemi di tossicità ed inquinamento correlati a prodotti e solventi utilizzati.

In particolare, si effettueranno le seguenti reazioni:

1. sintesi di un'ammide aromatica di interesse biologico (principio attivo dell'Autan).
2. reazione di sostituzione elettrofila aromatica [nitrazione ed acilazione di Friedel-Crafts].
3. reazione di copulazione dei sali di diazonio aromatici: sintesi del colorante metilarancio
4. reazione di sostituzione nucleofila aromatica
5. sintesi di un derivato dell'indolo tramite sintesi indolica di Fischer.
6. analisi organica qualitativa per via chimica e spettroscopica.

Testi consigliati:

- B. S. Furniss, A. J. Hannaford, P. W. G. Smith, A. R. Tatchell, *Vogel's Textbook of Practical Organic Chemistry*, Longman Group UK Limited 1989.
- D. L. Pavia, G. M. Lampman, G. S. Kriz, *Il Laboratorio di Chimica Organica*, Edizioni Sorbona, Milano, 1994.

## **PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI**

*Crediti didattici 7*

Prof. Vittorio Ragaini

### *Introduzione al corso*

Finalità del corso - Reperibilità dei dati - Cenni sul calcolo di grandezze varie con metodi additivi e dei contributi di gruppo. Testi consultabili per il corso e per la professione.

### *Termodinamica Applicata*

Criteri per l'equilibrio tra fasi per sistemi a più componenti. Tensione di vapore e calore di evaporazione. La fugacità per un gas puro e in miscele gassose. Equilibrio Liquido - Vapore (ELV). Criteri di equilibrio in termini di fugacità. Fugacità di un liquido in equilibrio con il suo vapore. Relazioni di ELV per diversi casi. Cenni sulle funzioni di eccesso. Calcolo dei coefficienti di attività con i modelli più semplici. Convenzione simmetrica e asimmetrica per il calcolo dei coefficienti di attività. Diagrammi per l'ELV. Metodi sperimentali per studiare l'ELV. Consistenza termodinamica dei dati di ELV. Solubilità dei gas nei liquidi. Cenni dell'Equilibrio Liquido - Liquido (ELL) e sue applicazioni pratiche.

### *Assorbimento*

Introduzione. Bilancio materiale per una colonna di assorbimento. Condizioni termodinamiche per l'assorbimento e il deassorbimento ("*strippaggio*"). Condizioni limite. Condizioni di ingorgo. Tipi di riempimenti tradizionali (anelli Raschig e simili) e a corpi strutturati. Diametro, altezza del riempimento, perdite di carico di una colonna a riempimento tradizionale. Colonne a piatti. Calcolo del numero dei piatti.

Applicazione dell'Assorbimento a problemi ambientali: purificazione di emissioni gassose.

### *Distillazione e Rettifica*

Introduzione e definizioni. Distillazione continua ad uno stadio (flash). Rettifica di sistemi a due componenti: bilanci materiali e termici di una colonna di rettifica; calcolo del calore da fornire in caldaia e da sottrarre nel condensatore; calcolo del calore dissipato. Rapporto di riflusso minimo, ottimo, effettivo. Calcolo del numero di stadi con metodo grafico e con metodi analitici. Cenni sull'efficienza dei piatti. Rettifica di sistemi a più componenti: calcolo del numero di stadi con i metodi più semplici. Cenni sul metodo piatto - piatto. Rettifica di colonne a riempimento. Rettifica discontinua a rapporto di riflusso costante o variabile. Distillazione e rettifica estrattiva.

### *Estrazione liquido-liquido*

Introduzione. Predizione dell'equilibrio liquido-liquido e scelta del solvente.

Operazioni estrattive. Cinetica del processo di trasferimento di massa tra le fasi liquide. Estrazione a stadi, metodi di calcolo: a) estrazione con solvente immiscibile (a singolo a più stadi, in equi e in controcorrente), b) estrazione con solvente parzialmente miscibile (a singolo o a più stadi, in equi e controcorrente, a singola o doppia alimentazione). Efficienza degli stadi di estrazione. Estrazione a contatto continuo. Potenza degli agitatori.

\* applicazioni numeriche incluse

### *Separazione con Membrane*

Introduzione ai processi di separazione con membrane. Classificazione dei moduli contenenti membrane. Selettività, Spettro di Filtrazione e Tecniche di filtrazione. Filtrazione per Osmosi Inversa (Iperfiltrazione). Fenomeni di polarizzazione e di intasamento. Caratterizzazione di una membrana per osmosi inversa. La Filtrazione tangenziale. Risultati sperimentali ottenuti con un impianto pilota per osmosi inversa, con modulo a flusso tangenziale, presso il Laboratorio Impianti Pilota.

### *Esercitazioni numeriche*

#### Testi consigliati

- S. Carrà, V. Ragaini, L. Zanderighi: fotocopie da "*Operazioni di trasferimento di massa*", Manfredi Ed, 1969
- J. M. Prausnitz, R. N. Lichtenthaler, E. G. De Azevedo, *Molecular Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibria*, Prentice Hall, 1999
- R. E. Treybal, *Mass Transfer Operations*, Mc Grw-Hill, 1981

## **LABORATORIO DI PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI**

*Crediti didattici 4*

Esercitazioni di termodinamica applicata (equilibrio liquido-vapore), assorbimento di gas, rettifica su colonna a piatti, estrazione liquido-liquido, separazione con membrane.

**ECONOMIA, ORGANIZZAZIONE AZIENDALE E DIRITTO INDUSTRIALE**

*Crediti didattici 5*

**Insegnamento disattivato dall'a.a. 2003-2004**

Valutazione economica dei processi. Struttura dei costi. Organizzazione della produzione e della manutenzione. Proprietà industriale e brevetti.

## CORSI A SCELTA

### **SICUREZZA NELL'AMBIENTE DI LAVORO E STRUMENTAZIONE CHIMICA**

*Crediti didattici 5*

Dott. Luigi Zerilli - Dott.ssa Amedea Manfredi

#### Sicurezza del laboratorio chimico e protezione ambientale

(Dott. Luigi Zerilli – 3 crediti - NB: *Il programma si riferisce all'a.a. 2004-2005*)

- Sicurezza: perché, programmi ed organizzazione.
- Rischio: funzione di pericolosità ed esposizione.
- I tipi di Pericolosità.
- Tossicità: definizione, indicatori e fonti informative.
- Infiammabilità: limiti, flash-point.
- Combustione e mezzi di estinzione.
- Etichettatura sostanze pericolose. Schede di sicurezza.
- Controllo dell'esposizione. Cappe chimiche.
- Scarto di sostanze chimiche. I perossidi.
- Solventi: quantità, fatto, purezza, criteri di scelta. Proprietà.
- Leggi ambientali.
- Manipolazione di gas.

#### Strumentazione chimica di laboratorio e industriale

(Dott.ssa A. Manfredi – 2 crediti)

Sono previste 16 ore di lezione frontale e 3 ore di esercitazioni. (Nelle esercitazioni gli studenti hanno modo di VEDERE in un laboratorio didattico l'appontamento e il funzionamento di alcune apparecchiature e l'utilizzo di strumentazione tipica da laboratorio).

- Definizione di: punto di ebollizione (p.e.), tensione di vapore. Determinazione del p.e., uso del nomografo. Teoria della distillazione. Distillazione semplice. Distillazione frazionata, miscele azeotropiche, distillazione in corrente di vapore, distillazione sotto vuoto. Apparecchiature per la distillazione semplice, per la distillazione frazionata: le colonne di frazionamento da laboratorio e industriali. Apparecchiature per la distillazione in corrente di vapore, per la distillazione sotto vuoto. Pompe ad acqua e ad olio.
- Teoria della fusione e del congelamento. Punti di fusione e punti di fusione misti.
- Teoria della sublimazione. Sublimatori. Liofilizzazione. Liofilizzatori.
- Estrazione con solventi: estrazioni in discontinuo liquido-liquido. Gli imbuto separatori. Estrazione in continuo liquido-liquido e solido-liquido. Soxhlet. Essiccamento. Anidrificanti.
- Teoria della cristallizzazione. Scelta del/i solvente/i. Filtri. Filtrazione a caldo. Filtrazione sotto vuoto.
- Tecniche cromatografiche: principi di base e classificazione. Cromatografia per adsorbimento: cromatografia su colonna e su strato sottile.
- Trappole per l'assorbimento di gas. Autoclavi da laboratorio e industriali. Valvole e connessioni. Reattori industriali: schemi e applicazioni. Misure di pressione, di portata, di temperatura.

#### Libri di testo:

- A. L. VOGEL - *Chimica organica pratica*, Seconda Edizione, Casa Editrice Ambrosiana – Milano
- D. L. PAVIA, G. L. LAMPMAN, G. S. KRIZ - *Il laboratorio di chimica organica* a cura di P. Grünanger e D. Pocar, Edizioni Sorbona - Milano
- M. d'ISCHIA - *La chimica in laboratorio*, Tomo I, Piccin Nuova Libreria S.p.A. - Padova
- Qualunque testo di Chimica Generale

### **GESTIONE AZIENDALE E DIRITTO INDUSTRIALE**

*Crediti didattici 5*

I modulo: dott. Mario Castellaneta - II modulo: dott.ssa Marinella Valle

*I modulo: in attesa programmi*

#### II modulo

- Definizione di proprietà intellettuale. Cenni alle convenzioni internazionali in materia di proprietà intellettuale, in particolare alla Convenzione dell'Unione di Parigi e all'accordo TRIPs.

- Brevetto per invenzione industriale. Diritto di brevetto e sue limitazioni. Brevetto di prodotto e di procedimento. Principio dell'esaurimento del diritto. Diritto morale e diritto patrimoniale. Effetti della brevettazione. Differenze tra brevetto e segreto industriale. Diritto di preuso.
- Invenzioni brevettabili. Eccezioni alla brevettabilità.
- Diritto di priorità. Il periodo di grazia previsto dalla legge brevettuale statunitense. Differenze fra il sistema "first to file" e "first to invent".
- Requisiti di brevettabilità. Invenzioni chimiche brevettabili. Valutazione del requisito di novità nelle invenzioni chimiche. Invenzioni di selezione. Valutazione del requisito di attività inventiva, in particolare nelle invenzioni chimiche.
- Struttura del brevetto e forma delle rivendicazioni. Categorie di rivendicazioni.
- Procedura di brevettazione italiana ed europea. Cenni alla procedura PCT.
- Brevetti e licenze. Invenzioni del dipendente.
- Cause in materia di brevetti per invenzioni industriali. Azioni di contraffazione, di nullità e di rivendica. Concetto di contraffazione per equivalenza. Provvedimenti cautelari.
- Cenni agli altri diritti di proprietà industriale previsti dall'ordinamento italiano, in particolare ai marchi.

## **GESTIONE AZIENDALE**

*Crediti didattici 5*

**Insegnamento disattivato dall'a.a. 2003-2004**

Luigi Cattini

Tipologie di aziende. Risorse aziendali. Programmazione dello sviluppo. Marketing e gestione della produzione, della logistica, delle risorse umane e ambientali.

**ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA INDUSTRIALE**

<b>insegnamento</b>	<b>docente</b>
Istituzioni di Matematiche	Alberto Alesina
Chimica Generale e Inorganica	Michele Rossi
Laboratorio Chimica Generale e Inorganica	Guido Banditelli
Laboratorio di Informatica	Raffaella Lanzarotti
Chimica Analitica	Patrizia Mussini
Laboratorio di Chimica Analitica	Patrizia Mussini
Fisica Generale	Ettore Gadioli
Calcolo Numerico	Nicoletta Bressan
Chimica Organica 1° corso	Mauro Cinquini
Chimica Fisica	Paolo Carniti
Laboratorio di Chimica Fisica	Antonella Gervasini
Chimica Inorganica	Dominique Roberto
Economia e Organizzazione Aziendale (insegnamento disattivato)	Mario Benassi
Economia e Gestione delle Imprese	In attesa docente
Laboratorio di Chimica Organica 1° corso	Franco Cozzi
Chimica Analitica Strumentale	Michele Gullotti
Laboratorio di Chimica Analitica Strumentale	Laura Santagostini
Chimica Organica 2° corso	Stefano Maiorana
Laboratorio di Chimica Inorganica	Dominique Roberto
Chimica Biologica	Renata Zippel
Chimica Fisica Industriale	Lucio Forni
Chimica Industriale	Giuseppe Faita
	Elisabetta Ranucci
Laboratorio di Chimica Industriale	Elisabetta Ranucci
	Amedea Manfredi
Laboratorio di Chimica Organica II	Emanuela Licandro
Processi e Impianti Industriali Chimici	Vittorio Ragaini
Laboratorio di Processi e Impianti Industriali Chimici	Vittorio Ragaini
Sicurezza nell'ambiente di lavoro e strumentazione chimica	Luigi Zerilli
	Amedea Manfredi
Gestione Aziendale e Diritto Industriale	Mario Castellaneta
	Marinella Valle





**CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE**



## NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE.

Il corso ha l'obiettivo di fornire le conoscenze di base e metodologiche necessarie ad esplicare con la dovuta competenza un'attività lavorativa nell'ambito:

- dell'industria chimica (sintesi, analisi, ambiente, controllo) e delle industrie collegate
- dei settori pubblici (sanità, ambiente, insegnamento e formazione)
- dell'informazione tecnico-scientifica.

Si forniscono le conoscenze e le informazioni per:

- inserirsi con capacità di autonomia nei gruppi di lavoro
- preparare ed esporre relazioni tecniche
- lavorare in modo consapevole e rispettoso di salute e ambiente
- utilizzare la lingua inglese nell'ambito lavorativo

Il curriculum del Corso di Laurea prevede una didattica teorico-pratica e lo svolgimento, preferibilmente presso aziende, di un periodo di tirocinio finale con preparazione dell'elaborato da discutere in sede di esame di laurea.

L'orientamento opportuno del tirocinio garantisce il completo raggiungimento della gamma degli obiettivi formativi e quindi la capacità tecnica di questa nuova figura professionale per le funzioni della quale vi è grande necessità e richiesta in campi nuovi che sono di pertinenza sia del settore pubblico sia di quello privato.

La durata del corso di laurea in Chimica Applicata e Ambientale è di tre anni.

Al compimento degli studi viene conseguita la laurea in Chimica Applicata e Ambientale, classe delle lauree in Scienze e Tecnologie Chimiche.

Per l'ammissione al corso di laurea in Chimica Applicata e Ambientale si applicano le disposizioni previste dal Regolamento didattico d'Ateneo, parte prima – art. 5, dal Regolamento della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali e dal Regolamento didattico del corso di Laurea.

L'itinerario didattico è articolato in semestri e prevede un primo biennio inteso a fornire una preparazione di base e un terzo anno di carattere più specificatamente professionalizzante.

Durante il terzo anno lo studente deve svolgere un tirocinio (per un periodo di circa quattro mesi), presso industrie del settore o laboratori di ricerca sia pubblici sia privati rispondenti ai requisiti stabiliti dalla struttura didattica competente al fine di preparare l'elaborato di laurea.

L'apprendimento delle competenze e della professionalità degli studenti è valutato in crediti formativi, denominati CFU. Ad ogni credito corrispondono 25 ore di lavoro di apprendimento dello studente che si intendono così articolate per le varie attività formative:

- Lezioni: 8 ore di lezione e 17 ore di studio
- Laboratori ed Esercitazioni: 16 ore di attività pratica e 9 ore di studio
- Tirocinio: 25 ore di lavoro

La quantità di lavoro di apprendimento svolto in un anno da uno studente, impegnato a tempo pieno negli studi universitari ed in possesso di adeguata preparazione iniziale, è fissata in 60 crediti

**ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI**

La numerazione < > si riferisce al numero degli esami da sostenere. Gli insegnamenti indicati con lo stesso numero prevedono un unico voto d'esame.

**PRIMO ANNO**

codice	insegnamento		crediti	SSD
<b>I semestre</b>				
F44001	Istituzioni di matematiche <sup>1</sup>	<1>	9	MAT/05
F44002	Chimica generale e inorganica	<2>	9	CHIM/03
	Lab. chim. generale e inorganica		6	
F44003	Laboratorio di Informatica	<3>	3	INF/01
<b>Totale</b>			<b>27</b>	
<b>II semestre</b>				
F44004	Fisica Generale <sup>2</sup>	<4>	8	FIS/01
F44005	Chimica Analitica con laboratorio	<5>	5	CHIM/01
	Chimica Elettroanalitica con laboratorio		5	
F44006	Chimica organica	<6>	7	CHIM/06
	Laboratorio Chimica Organica		5	
F44007	Prova lingua inglese <sup>3</sup>	<prova 1>	3	
<b>Totale</b>			<b>33</b>	

**SECONDO ANNO**

codice	Insegnamento		crediti	SSD
<b>I semestre</b>				
	Chimica Fisica delle Interfasi <sup>(*)</sup>		3	CHIM/02
	Chimica Fisica <sup>(*)</sup>	<7>	7	CHIM/02
	Laboratorio di chimica Fisica <sup>(*)</sup>		5	
F44009	Chimica Inorganica e dei Materiali Inorganici con laboratorio	<8>	7	CHIM/03
F44017	Controllo Qualità e Certificazione <sup>3</sup>	<9>	6	SECS-P/08
F44033	Controllo Ambientale	<10>	4	CHIM/12
<b>Totale</b>			<b>32</b>	
<b>II semestre</b>				
F44011	Comp. Organici di Interesse Industriale con laboratorio	<11>	10	CHIM/06
F44036	Chimica dell'Ambiente	<12>	6	CHIM/12
F44034	Analisi chimica Strumentale	<13>	4	CHIM/01
F44035	Analisi di Strutture Molecolari	<14>	4	CHIM/06
-----	Corso a scelta	<15>	4	
<b>Totale</b>			<b>28</b>	

(\*) Insegnamento da codificare

**TERZO ANNO**

codice	insegnamento		crediti	SSD
<b>I semestre</b>				
	Tecnologie Industriali di Disinquinamento <sup>(*)</sup>	<16>	6	CHIM/02
F44015	Elementi di Impianti Chimici	<17>	5	ING-IND/25
F44016	Chimica Organica Fine e Macromolecolare	<18>	7	CHIM/04
F44012	Chimica Biologica e Biotecnologie	<19>	7	BIO/10
F44018	Proprietà Industriale	<20>	3	IUS/04

<sup>1</sup> Mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica Industriale

<sup>2</sup> Parzialmente mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica Industriale

-----	Corso a scelta	<21>	5	
<b>Totale</b>			<b>33</b>	
<b>II semestre</b>				
	Tirocinio (circa 4 mesi)		21	
	Prova finale		6	
<b>Totale</b>			<b>27</b>	

Nove crediti sono a disposizione dello studente per essere destinati ad insegnamenti liberamente scelti tra quelli attivati presso la Facoltà di Scienze M.F.N. o altre Facoltà (“Corso a scelta” delle precedenti tabelle). Per facilitare una scelta di tali insegnamenti coerente con gli obiettivi formativi del corso di laurea, sono attivati gli insegnamenti opzionali indicati nella seguente Tabella.

#### Insegnamenti opzionali attivati per l'a.a. 2005/06

	codice	insegnamento	crediti	SSD
1.	F44020	Chimica Analitica (applicata ai Beni Culturali)	4	CHIM/01
2.	F44022	Sostanze Naturali e Applicazioni Industriali	4	CHIM/06
3.	F44024	Tecnologie Elettrochimiche Ambientali	4	CHIM/02
4.	F44025	Materiali Strutturali per l'Industria Chimica	4	ING-IND/21
5.	F44019	Metodi di Indagine Strutturale di Materiali Inorganici <sup>(1)</sup>	5	CHIM/03
6.	F44027	Metodologie di Sintesi organica	5	CHIM/06
7.	F44028	Ausiliari e Materiali Polimerici	5	CHIM/04
8.	F44029	Spettroscopia e Fotochimica Applicate	5	CHIM/02
9.	F44030	Sintesi Organica a Basso Impatto Ambientale	5	CHIM/06
10.	F45007	Calcolo Numerico <sup>(2)</sup>	5	MAT/08
11.	F56018	Ecologia e Tossicologia <sup>(3)</sup>	5	BIO/07

<sup>(1)</sup> mutuato parzialmente dal Corso di Laurea triennale in Chimica.

<sup>(2)</sup> mutuato dal Corso di Laurea triennale in Chimica.

<sup>(3)</sup> mutuato dal Corso di Laurea triennale in Biotecnologie.

#### Propedeuticità.

L'esame di “Chimica organica e Laboratorio” deve essere sostenuto prima di quello di “Composti organici di interesse industriale”. Si consiglia, comunque, di sostenere gli esami di ciascun semestre prima di sostenere quelli dei semestri successivi.

#### Insegnamenti disattivati

- Dall'a.a. 2003-2004 sono stati disattivati i seguenti insegnamenti:
  1. F44010 Chimica Ambientale, Sicurezza e Legislazione/Controllo Ambientale
  2. F44013 Analisi chimica Strumentale/Analisi di Strutture Molecolari
- Dall'a.a. 2004-2005 vengono disattivati:
  1. F44036 Chimica dell'Ambiente
- Dall'a.a. 2005-2006 vengono disattivati:
  1. F44008 Chimica Fisica/Chimica Fisica delle Interfasi/Laboratorio di chimica Fisica
  2. F44038 Chimica ambientale, sicurezza e legislazione
  3. F44026 Chimica Inorganica Avanzata e Metallorganica
  4. F44014 Tecnologie Industriali di Disinquinamento (riduzione da 7 a 6 CFU)

#### Eventuale accesso alle lauree specialistiche

Lo studente che ha conseguito la laurea in Chimica Applicata e Ambientale potrà iscriversi senza debiti formativi alla LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI.

Altre lauree specialistiche di area chimica sono la LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE e la LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE

**PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI**

## PRIMO ANNO

### ISTITUZIONI DI MATEMATICHE

Crediti didattici 9 (8 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni). Corso mutuato da Chimica Industriale  
Prof. Alberto Alesina

Corso mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica Industriale. Vedi programma del corso omonimo.

### CHIMICA GENERALE E INORGANICA

Crediti didattici 9 (8 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)  
Prof.ssa Francesca Porta

- Atomi e particelle elementari. Isotopi ed elementi. Quantizzazione dell'energia. Teoria di Bohr per l'atomo d'idrogeno ed introduzione alla meccanica quantistica. Classificazione degli orbitali e numeri quantici. (6 ore)
- Tavola periodica degli elementi. Energia di ionizzazione. Affinità elettronica. (6 ore)
- Legame ionico e legame covalente. Strutture di Lewis. Legame dativo. Elettronegatività. Risonanza. Legame coordinativo. Legame d'idrogeno. Geometrie molecolari. Orbitali ibridi. Cenni su orbitali molecolari. (12 ore)
- Cristalli molecolari e ionici. Pressione. Legge dei gas. Comportamento dei gas reali. (2 ore)
- Sistemi e funzioni di stato. Lavoro e calore. Primo principio della termodinamica. Calore di reazione ed entalpia. Energia di legame. Entropia e secondo principio della termodinamica. Terzo principio della termodinamica. Dipendenza della costante d'equilibrio dalla temperatura. (6 ore)
- Regola delle fasi. Tensione di vapore delle soluzioni e leggi di Raoult. Punto di ebollizione e di congelamento di una soluzione. Distillazione. Soluzioni sature e solubilità. Pressione osmotica. (6 ore)
- Ordine di reazione. Processi elementari e meccanismo di reazione. Energia di attivazione. Dipendenza della velocità di reazione dalla temperatura. Velocità di reazione ed equilibrio chimico. Catalizzatori. (6 ore)
- Teoria di Arrhenius degli acidi e delle basi secondo Brønsted e Lewis. Forza degli acidi e delle basi. (4 ore)
- Energia libera e lavoro elettrico. Pile. Potenziali di ossido riduzione. Elettrolisi. Pile di pratico impiego. (10 ore)
- Chimica degli elementi dei blocchi s e p. (12 ore)

#### Testi consigliati:

- L. Malatesta, S. Cenini, *Principi di Chimica Generale con Esercizi*, Casa Editrice Ambrosiana, 1989.
- W. L. Masterton, C. N. Hurley, *Chimica*, Piccin, 4a edizione, 2001.
- L. Malatesta, *Compendio di Chimica Inorganica*, 4a edizione, Casa Editrice Ambrosiana, 2000.

### LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA

Crediti didattici 6 (48 ore di lezione + 48 ore di esercitazioni in laboratorio)  
Dott.ssa Elena Cariati

#### Calcolo Stechiometrico

1. Calcolo dimensionale. Sistemi internazionali di misura. Cifre significative.
2. La mole. Pesi atomici e molecolari.
3. Formule chimiche. Bilancio di reazione. Reagenti e agente limitante. Bilancio nelle reazioni tra ioni e ossidoriduzioni. Peso equivalente in reazioni acido-base e in ossidoriduzioni.
4. Le soluzioni. Modi di esprimere le concentrazioni. Titolazioni e loro impiego.
5. Leggi dei gas ideali. Miscugli gassosi.
6. Proprietà colligative. Legge di Raoult. Ebulloscopia, crioscopia e pressione osmotica.
7. Reazioni eso ed endotermiche. Legge di Hess
8. Equilibri chimici. Principi generali. Costanti di equilibrio. Equilibri eterogenei.
9. Calcolo del pH in sistemi monoprotici, poliprotici e in miscele.
10. Solubilità e prodotto di solubilità. Precipitazione e dissoluzione. Equilibri multipli in presenza di specie poco solubili. Costanti di formazione e dissociazione di ioni complessi.
11. Elettrochimica. Leggi di Faraday. Potenziali normali di riduzione e f.e.m. della pila. Processi elettrolitici.

#### Esercitazioni di laboratorio

Le esercitazioni di laboratorio sono strettamente connesse alle esercitazioni numeriche e comportano l'acquisizione delle fondamentali tecniche sperimentali oltre all'applicazione, in esperimenti di laboratorio, di argomenti del Corso di Chimica Generale e Inorganica.

## **LABORATORIO DI INFORMATICA**

*Crediti didattici 3*

Dott.ssa Anna Bucalo

Vedi programma del corso "Laboratorio Informatico" del corso di laurea in Chimica.

## **FISICA GENERALE**

*Crediti didattici 8*

Prof. Ettore Gadioli

### *Meccanica*

Grandezze fisiche e sistemi di unità di misura. Grandezze scalari e vettoriali.

Sistemi di riferimento. Cinematica del punto materiale. Dinamica del punto materiale. Lavoro

ed energia. Leggi di conservazione. Campi di forza. Campo gravitazionale e campo Coulombiano. Sistemi di punti materiali e corpi estesi rigidi. Idrostatica e Fluidodinamica (solo per C.I.).

### *Elettromagnetismo*

Elettrostatica. Dielettrici. Correnti elettriche continue. Campo magnetico. Induzione elettromagnetica. Circuiti con correnti variabili nel tempo (circuiti RC e RL). Equazioni di Maxwell e onde elettromagnetiche.

### *Ottica*

Onde. Lo spettro della radiazione elettromagnetica. Fenomeni ondulatori: interferenza, diffrazione e polarizzazione. Ottica geometrica.

- Le esercitazioni consistono nella risoluzione di problemi.

## **CHIMICA ANALITICA CON LABORATORIO**

*Crediti didattici 5*

Dott.ssa Paola Fermo

Gli argomenti trattati si articolano in tre parti:

- *Trattamento dei dati analitici* (cifre significative, errori sistematici e casuali, accuratezza, precisione, varianza, deviazione standard, test t, selezione e controllo dei metodi analitici, metodo delle carte di controllo);
- *Chimica delle soluzioni acquose* (equilibri acido-base, formazione di complessi, equilibri eterogenei, effetto della presenza degli elettroliti sugli equilibri ionici);
- *Metodi di analisi chimica* (gravimetria, termogravimetria (TGA, DTA, DSC), volumetria: principi generali, titolazioni acido-base, titolazioni per precipitazione, titolazioni con formazione di complessi, titolazioni di ossido-riduzione);

Durante le lezioni di laboratorio verranno eseguite alcune determinazioni sia gravimetriche che volumetriche; in particolare si determineranno alcuni parametri significativi al fine della valutazione dell'inquinamento delle acque quali COD e BOB.

### Testo consigliato:

- D. A. Skoog, D. M. West e F. J. Holler, *Chimica analitica una introduzione*, EdiSES, Napoli (terza edizione)

## **CHIMICA ELETTROANALITICA CON LABORATORIO**

*Crediti didattici 5 (2.5 di lezioni e 2.5 di laboratorio)*

Prof. Torquato Mussini

Sistemi elettrochimici: pile ed elettrolizzatori; elettroliti: proprietà caratterizzanti termodinamiche e di trasporto; potenziali standard. La potenziometria in elettroanalisi. Determinazione della concentrazione di una specie ionica mediante pila ad elettrodo ionoreversibile oppure ionoselettivo a membrana (ISE): pH-metria, standard pH-metrici primari e secondari, limiti di rilevabilità, errore di risoluzione, compensazione di temperatura, costante di selettività, procedura della forcilla degli standard, determinazioni mediante tecniche di aggiunte di standard; unità bielettrode a membrana gaspermeabile, bielettrodi ad enzima. Potenziometria indiretta: curve di titolazione potenziometriche. Conduttimetria, taratura delle celle, titolazioni conduttimetriche. Cenni di cinetica elettrochimica, tecniche elettroanalitiche voltammetriche, polarografia e relative varianti procedurali. (20 h = 2.5 CFU)

Sperimentazioni applicative in laboratorio: misure di pH; titolazioni potenziometriche; determinazione del cloro residuo totale nelle acque di consumo umano; analisi completa di un'acqua minerale commerciale; durezza delle acque; metodo di Karl Fischer per determinare tracce d'acqua in solventi organici; rilevazione della costante di cella e titolazioni conduttimetriche; applicazioni voltammetriche e polarografiche. (40 h = 2.5 CFU)



Testo di studio

- vengono fornite dispense complete.

**CHIMICA ORGANICA**

*Crediti didattici 7 (6 CFU di lezioni per 48 ore e 1 CFU per 16 ore di esercitazioni alla lavagna)*

Prof. Cesare Gennari

*I parte: 23 ore*

Introduzione al corso e principi generali; Alcani; Principi di analisi conformazionale; Cicloalcani; Alcheni (descrizione); Introduzione alle reazioni organiche; Alcheni (reattività); Dieni coniugati e risonanza; Gli alchini; Il benzene e la aromaticità; Stereochimica.

Esercitazioni: 4 ore (analisi conformazionale; stereochimica)

*II parte: 20 ore*

Alogenuri alchilici; Reazioni di sostituzione ed eliminazione; Alcoli ed eteri; Epossidi, tioli e solfuri; Composti carbonilici; Aldeidi e chetoni; Acidi carbossilici e derivati acilici; Enoli e anioni enolato; La condensazione aldolica; La condensazione di Claisen; Composti b-dicarbonilici: la sintesi malonica, la sintesi acetoacetica; Le ammine.

Esercitazioni: 10 ore (reattività e trasformazioni dei gruppi funzionali; condensazioni carboniliche)

*III parte: 5 ore*

Introduzione alla chimica aromatica; Areni; Alogenoderivati aromatici; Derivati aromatici azotati; Composti carbonilici aromatici; Fenoli e chinoni.

Esercitazioni: 2 ore (reattività e trasformazioni dei gruppi funzionali)

Testo adottato:

- W.H. Brown & C.S. Foote, *CHIMICA ORGANICA (seconda edizione)*, EDISES s.r.l. – Napoli, 1999.

Libri consigliati:

- S. Ege, *Chimica Organica*, Edizioni Sorbona, Milano
- S. Ege, R. Kleinman, M.L.C. Carter, *Chimica Organica: Study Guide*, Edizioni Sorbona, Milano.
- T.R. Morrison, N.R. Boyd, *Chimica Organica*, Ed. Ambrosiana.
- K.P.C. Vollhardt- *Chimica Organica* - Zanichelli Bologna.
- A. Streitwieser, Jr. - Heathcock, C.H. *Introduzione alla Chimica Organica* -Ed. Piccin.
- N.L. Allinger et al. -*Chimica Organica*- Zanichelli Bologna.
- Kemp-Vellaccio - *Chimica Organica* - Zanichelli Bologna.
- T.W.G. Solomons - *Chimica Organica* - Editoriale E. Grosso - Bologna.

**LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA**

*Crediti formativi 5 (CFU 1.25 per 10 ore di lezioni e CFU 3.75 per 60 ore di laboratorio)*

Prof.ssa Rita Annunziata

Esercitazioni

*Prima settimana (20 ore)*

Operazioni fondamentali

Cristallizzazione di un campione di acido benzoico reso impuro da un residuo UV visibile (TLC).

Separazione acido/base di una miscela di p-cloroanilina/nitrobenzene e successiva cristallizzazione della p-cloroanilina e distillazione del nitrobenzene; caratterizzazione dei prodotti per IR.

Cromatografia su colonna: separazione di una miscela di alcool benzilico e salicilato d'etile

*Seconda settimana (20 ore)*

Alifatica

Riduzione con sodio boro idruro della benzaldeide ad alcool benzilico con caratterizzazione dei prodotti per IR.

Ossidazione cromica del cicloesano a cicloesano e successivo smaltimento dei sali di cromo III. Purificazione per distillazione del chetone ottenuto e caratterizzazione per IR.

Condensazione aldolica tra acetone ed alcool benzilico. Cristallizzazione del prodotto di condensazione.

*Terza settimana (20 ore)*

Aromatica

E' prevista una sequenza sintetica: preparazione dell'acetanilide dall'anilina, nitratura dell'acetanilide e successiva idrolisi dell'amide a p-nitro anilina.

Lezioni Frontali (10 ore)

Composizione struttura e formula delle molecole organiche: analisi elementare, formula empirica e molecolare, isomeri strutturali.

Purificazione delle sostanze organiche

La sicurezza nei laboratori chimici

**PROVA DI LINGUA INGLESE**

*Crediti didattici 3*

Mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica, vedi programma di "Accertamento Lingua Inglese"

## SECONDO ANNO

### CHIMICA FISICA

Crediti formativi 7 (CFU 6 di lezioni e 1 CFU di esercizi numerici)

Prof. Giorgio Fiori

#### Termodinamica

- Le proprietà dei gas: equazioni di stato, il modello cinetico, gas reali.
- La prima legge della termodinamica: conservazione dell'energia, energia interna ed entalpia.
- Termochimica: trasformazioni fisiche, reazioni chimiche.
- La seconda legge della termodinamica: l'entropia, l'energia di Gibbs.
- L'equilibrio di fase nelle sostanze pure: la termodinamica delle transizioni, i diagrammi di fase.
- Le proprietà delle miscele: descrizione termodinamica, proprietà colligative, diagrammi di fase.
- I principi dell'equilibrio chimico: fondamenti termodinamici, la risposta dell'equilibrio alle condizioni sperimentali.

#### Struttura atomica e molecolare

- La teoria quantistica: insufficienze della fisica classica, la dinamica dei sistemi microscopici, applicazioni della meccanica quantistica.
- La struttura degli atomi: atomi idrogenici, atomi a più elettroni, periodicità delle proprietà atomiche, gli spettri degli atomi complessi.
- Il legame chimico: la teoria del legame di valenza, la teoria dell'orbitale molecolare.
- Solidi metallici, ionici e covalenti: il legame nei solidi e le strutture cristalline.
- Interazioni molecolari: le forze di Van Der Waals, le proprietà dei liquidi.

#### Testo consigliato.

- Peter Atkins, Julio de Paula - *Elements of physical chemistry – fourth edition* - Oxford University Press 2005

### CHIMICA FISICA DELLE INTERFASI

Crediti didattici 2

Prof.ssa Silvia Ardizzone

Descrizioni convenzionali della regione interfase. Parametri termodinamici di superficie. Tensione superficiale. Fenomeni di adsorbimento. Equazione di adsorbimento di Gibbs. Metodiche per la determinazione sperimentale di isoterme di adsorbimento in interfasie diverse. Sistemi colloidali liofili e liofobi: soluzioni micellari, emulsioni, schiume, dispersioni solido-liquido. Detergenza.

### LABORATORIO DI CHIMICA FISICA

Crediti didattici 5 (2 di lezioni e 3 di esercitazioni)

Prof.ssa Elena Selli

#### Lezioni

- *Fondamenti di cinetica chimica (5 ore)* – Espressioni e costanti di velocità, ordine di reazione e molecolarità; tempo di semitrasformazione; reazioni di ordine zero, uno e due, reazioni di ordine superiore, determinazione dell'ordine di reazione.
- *Reazioni complesse (3 ore)* – Reazioni opposte, parallele, consecutive, approssimazione dello stato stazionario; meccanismi di reazione, stadio determinante la velocità.
- *Dipendenza dalla temperatura della velocità di reazione (4 ore)* – Equazione di Arrhenius. Teoria delle collisioni per reazioni bimolecolari e unimolecolari. Teoria del complesso attivato: coordinata di reazione, stato di transizione, equazione di Eyring, parametri di attivazione.
- *Catalisi (4 ore)* – Catalisi omogenea: catalisi acido-base e catalisi enzimatica. Catalisi eterogenea: adsorbimento, meccanismo di Langmuir-Hinshelwood.

#### Esercitazioni di laboratorio e relazione

Illustrazione delle esperienze di laboratorio. Esperienze di cinetica e di termodinamica chimica, elaborazione dei dati sperimentali e presentazione dei risultati, preparazione della relazione conclusiva.

#### Testi consigliati

- K.J. Laidler, J.H. Meiser, *Chimica Fisica*, Ed. Grasso (Bologna), 1999
- P.W. Atkins, *Elements of Physical Chemistry*, Oxford University Press, 3rd Ed., 2001

### **CHIMICA INORGANICA E DEI MATERIALI INORGANICI CON LABORATORIO**

*Crediti didattici 7 (5 CFU in aula di cui 4 di lezioni e 1 di esercitazioni, per complessive 48 ore, e 2 CFU in laboratorio per 32 ore)*

Prof. Luigi Garlaschelli

- Richiamo al legame chimico in modo particolare per quanto riguarda lo stato solido e il legame metallo-metallo. (0,5 CFU, 4 ore)
- Classificazione delle strutture dei composti ionici. (0,5 CFU, 4 ore)
- Lo stato metallico. Conduttori e semiconduttori. (0,5 CFU, 4 ore)
- Esempi di materiali inorganici: sintesi, proprietà e applicazioni. (0,5 CFU, 4 ore)
- Proprietà generale degli elementi. Chimica descrittiva di alcuni elementi dei blocchi, s, p e d. (1 CFU 8 ore)
- Composti di coordinazione: teoria del legame, magnetismo e spettri elettronici. (0,5 CFU, 4 ore)
- Teoria generale degli acidi e delle basi in solventi acquosi e non. Potenziali redox e campo di stabilità degli ioni in soluzione acquosa. (0,5 CFU, 4 ore)
- Per alcuni argomenti saranno anche proposti esercizi di tipo applicativo. (1 CFU, 16 ore)
- Laboratorio: sintesi e caratterizzazione di alcuni composti inorganici e di coordinazione.

Libro di testo consigliato:

- J. D. Lee, *Chimica Inorganica*, Piccin.

### **CONTROLLO QUALITÀ E CERTIFICAZIONE**

*Crediti didattici 6*

Insegnamento mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica, vedi programma del corso omonimo

### **CHIMICA DELL'AMBIENTE**

*Crediti didattici 6*

Prof. Gianmaria Zanderighi

Insegnamento mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica, vedi programma del corso omonimo. **Insegnamento disattivato nell'a.a. 2004-2005**

### **CHIMICA AMBIENTALE, SICUREZZA E LEGISLAZIONE**

*Crediti didattici 6*

Dott. Marino Nebuloni

**insegnamento disattivato nell'a.a. 2003-2004**

*L'insegnamento si divide in tre parti*

- La Chimica dell'Ambiente*
- Sicurezza in Campo Chimico e sul posto di Lavoro*
- Norme Legislative in campo di Sicurezza ed impatto ambientale*

*Gli obiettivi della prima parte (a) sono*

- *conoscere l'importanza dell'aria e dell'acqua per la vita quotidiana e per le attività produttive*
- *conoscere i principali fattori di inquinamento chimico dell'atmosfera, dell'acqua e del suolo ed i loro effetti*
- *conoscere i trattamenti di depurazione e potabilizzazione delle acque*
- *conoscere le tecniche di bonifica*
- *sapere illustrare un ciclo biologico*

*Atmosfera*

- Aria ed Inquinamento atmosferico
- I cicli biogeochimici
- Inquinamento e sostanze inquinanti (provenienza ed effetti)
- Effetti dell'inquinamento

*Acqua*

- Acqua ed inquinamento
- Acque potabili
- Dissalazione acqua marine

- Inquinamento delle acque
- Depurazione delle acque
- Modalità delle Analisi delle acque

#### *Suolo*

- Suolo ed inquinamento

#### *Rifiuti*

- La produzione e lo smaltimento dei rifiuti solidi ed industriali

#### *Gli obbiettivi della seconda parte (b) sono*

- *conoscere l'importanza dei concetti di base della sicurezza (Cultura, Organizzazione, Gestione)*
- *conoscere i principali fattori di rischio chimico e tossicologico*
- *conoscere le principali fonti di rischio (infiammabilità, reattività chimica, compatibilità dei composti chimici)*
- *conoscere le precauzioni da adottare per la manipolazione delle sostanze chimiche*
- *conoscere l'utilizzo delle Schede di Sicurezza e corretta Etichettatura dei prodotti*

#### *Concetti di base per un Programma di Sicurezza*

- Individuazione del Pericolo
- Fonti di pericolo e di rischio chimico
- Sistemi di Prevenzione
- Sistemi di Protezione

#### *Gli obbiettivi della terza parte (c) sono:*

- *conoscere le norme legislative vigenti in campo di protezione dell'ambiente (acqua, aria, suolo, rifiuti, ecc..)*
- *conoscere le leggi che regolano il normale esercizio di una attività chimica produttiva (legge Seveso, DPR 334, ecc.)*
- *conoscere i vincoli di legge per la tutela dell'ambiente e le sanzioni connesse*
- *conoscere le Unità del territorio preposte al controllo e gestione della Sicurezza (Regioni, ARPA, ASL, ecc.)*
- *conoscere le norme che tutelano il lavoratore dai pericoli di tipo chimico (DL 626)*

*La terza parte (c) é sostanzialmente dedicata alla spiegazione delle Norme Legislative in campo di Sicurezza ed impatto ambientale e la loro applicazione (in generale ed a livello industriale).*

*Viene riservata una buona parte della sezione all'analisi del rischio per la salute e l'igiene dei lavoratori e della popolazione in prossimità delle attività chimiche.*

## **CONTROLLO AMBIENTALE**

*Crediti didattici 4*

Prof.ssa Anna Bortoluzzi

### Obiettivi del corso:

Il corso è suddiviso in tre sezioni per permettere di analizzare, sotto diversi punti di osservazione, il controllo ambientale e quindi fornire un quadro organico e completo delle conoscenze. Nella prima sezione del corso si trattano in dettaglio le fonti di inquinamento industriale ed il controllo che l'impresa esercita su queste. Vengono anche presentati i sistemi di gestione ambientale regolamentati dalla normazione volontaria (ISO 14001 e regolamento EMAS). Nella seconda sezione sono presentati i controlli di competenza degli enti preposti sulla base della legislazione cogente. Nella terza sezione viene presentato il controllo esercitato socialmente dalla collettività e la tutela legislativa a questo scopo introdotta dalla Comunità Europea ed Internazionale.

### Introduzione al corso:

*Il controllo ambientale – L'impresa ed i sistemi di gestione ambientale :*

#### Breve illustrazione di tecnologie e sistemi antinquinamento

- sistemi e impianti di controllo delle emissioni atmosferiche, del trattamento acque, del trattamento suolo e fanghi.
- L'impresa e la conformità legislativa
- l'analisi ambientale iniziale, i principali adempimenti legislativi per le piccole aziende (la gestione dei rifiuti, la gestione delle acque, le emissioni in atmosfera, altri adempimenti).

#### L'impresa e la prevenzione dell'inquinamento

- il sistema di gestione ambientale, la normativa volontaria di riferimento ISO 14001 e regolamento EMAS, la realizzazione di un sistema di gestione ambientale (la pianificazione, la realizzazione, i controlli e la valutazione), eco-audit ed eco-label, la certificazione ambientale dei prodotti industriali.

Esercitazione: valutazione della conformità legislativa di un'azienda campione attraverso l'utilizzo del software LCS (distribuito in CD ai corsisti).

*Il controllo ambientale – Gli enti preposti al controllo :*

Gli Enti

- ANPA, ARPA, controlli provinciali e regionali, VVFF. I laboratori
- l'accreditamento dei laboratori, le metodiche analitiche normative, la gestione dei prelievi e del campionamento.

Le sanzioni

- la giurisprudenza per gli aspetti ambientali più significativi nella realtà delle piccole aziende.

*Seminario:* le acque industriali e di scarico: approfondimento sul quadro legislativo ed i controlli applicati nel contesto industriale (in collaborazione con un rappresentante ARPA). Esame dettagliato di alcune metodiche analitiche utilizzate per il controllo delle acque.

*Il controllo ambientale – Gli interessi della collettività e la legislazione comunitaria:*

Le risorse ambientali nella teoria classica, neoclassica e nell'economia ecologica. Il pensiero ambientalista e il giusto valore da dare alle risorse naturali. Il ruolo dei governi in materia ambientale. Come le scelte dei consumatori incidono sulla gestione ambientale dell'impresa. Lo sviluppo ecologicamente sostenibile. I benefici delle imprese ecologicamente sostenibili.

Testi consigliati:

- Vari – *Ambiente e competitività* – IPASERVIZI Editore
- L. Brida – *L'autovalutazione degli adempimenti ambientali* – Il Sole 24 Ore
- M. Di Muzio – *Vademecum per l'ambiente* – EPC Libri
- M. Fabrizio P. Ficco – *Codice dell'ambiente* – Il Sole 24 Ore
- P. Soprani – *Codice della sicurezza* – Il Sole 24 Ore
- Elenco di siti internet consigliati (distribuito a lezione)
- Appunti dalle lezioni

## **COMPOSTI ORGANICI DI INTERESSE INDUSTRIALE CON LABORATORIO**

*Crediti didattici 10 [3 + 0.5 (esercitazioni) per il I modulo, 3 + 0.5 (esercitazioni) per il II modulo; 3 per il III modulo].*

Prof.ssa Giovanni Russo (I modulo), Dott. Dario Perdicchia (II modulo); Dott. Maurizio Benaglia (III modulo).

Modulo I (Giovanni Russo)

Richiami della chimica organica dei gruppi funzionali. Richiami di stereochimica. Analisi conformazionale del cicloesano e dei cicloesani sostituiti. Struttura, sintesi e reazioni di amminoacidi, peptidi e proteine. Cenni su farmaci a struttura peptidica. Lipidi. Terpeni e steroidi. Carboidrati. Nomenclatura, stereochimica, forme cicliche. Glicosidi. Di-, oligo- e polisaccaridi. Cenni su glicolipidi, glicoproteine e glicosidi con attività biologica. Cenni su acidi nucleici.

Modulo II (Dario Perdicchia)

Aldeidi e chetoni: sintesi, reattività del gruppo carbonile, reattività al carbonio in  $\alpha$ . Acidi carbossilici e derivati: sintesi, reattività del gruppo carbossile, reattività al carbonio in  $\alpha$ . Aromaticità del benzene; regola di Huchel; ioni aromatici. Reattività dell'anello benzenico: sostituzione elettrofila aromatica; ossidazioni e riduzioni; composti organometallici; cenni sulla reattività del naftalene; sostituzione nucleofila aromatica; reazioni di eliminazione e addizione; reazioni di addizione; riduzione di Birch. Reazioni di Diels Alder. Composti aromatici a cinque termini: furani, pirroli, tiofeni; nomenclatura, sintesi, reattività. Indoli: sintesi e reattività. Piridine: nomenclatura, sintesi, reattività. Chinoline: sintesi; sostituzioni elettrofile. Cicli a 5 termini con due eteroatomi: schema generale di sintesi; cicloaddizioni 1,3 dipolari: sintesi di pirazoli e isossazoli; sintesi di imidazoli.

Modulo III (Maurizio Benaglia)

Il corso si articola in 8 ore di lezioni di preparazione al laboratorio (in particolare metodi di protezione e riduzione di gruppi funzionali) e in 40 ore di esercitazioni pratiche a banco singolo, con esperienze legate agli argomenti trattati nel presente modulo e negli altri due moduli del corso. Durante le lezioni frontali si affronteranno tematiche inerenti alla sintesi organica e alla sicurezza e prevenzione nei laboratori chimici.

Protezione gruppi funzionali (4 ore): principali metodi protettivi del gruppo ossidrilico, amminico e del gruppo carbossilico.

Principali metodi di riduzione (4 ore): idrogenazione, riduzione con idruri e borani, altri metodi di riduzione del gruppo carbonilico

*Esercitazioni in laboratorio:*

- I ESPERIENZA: benzoilazione dell'alfa-metil-D-glucopiranoside
- II ESPERIENZA: sintesi della N,N-dietil-m-toluammide (autan).
- III ESPERIENZA: Sintesi del p-tolilindolo. Tipica reazione di chimica eterociclica.
- IV ESPERIENZA: cicloaddizione 1,3 dipolare tra un nitrilossido e un alchene. Sintesi di una ossazolina chirale.
- V ESPERIENZA: riduzione del benzoilformiato di metile con lievito.

Testo adottato:

- W.H. Brown & C.S. Foote, CHIMICA ORGANICA (seconda edizione), EDISES s.r.l. – Napoli, 1999.

Libri consigliati:

- S. Ege, *Chimica Organica*, Edizioni Sorbona, Milano
- S. Ege, R. Kleinman, M.L.C. Carter, *Chimica Organica: Study Guide*, Edizioni Sorbona, Milano.
- T.R. Morrison, N.R. Boyd, *Chimica Organica*, Ed. Ambrosiana.
- K.P.C. Vollhardt - *Chimica Organica*- Zanichelli Bologna.
- A. Streitwieser, Jr. - Heathcock, C.H. *Introduzione alla Chimica Organica* -Ed. Piccin.
- N.L. Allinger et al. - *Chimica Organica*- Zanichelli Bologna.
- Kemp-Vellaccio - *Chimica Organica*- Zanichelli Bologna.
- T.W.G. Solomons -*Chimica Organica*- Editoriale E. Grosso - Bologna.

**ANALISI CHIMICA STRUMENTALE**

*Crediti didattici 4 (3 di lezioni e 1 di laboratorio)*

Dott.ssa Elena Cariati

*Lezioni frontali (ore totali: 24)*

- Introduzione alla spettroscopia: proprietà della radiazione elettromagnetica, assorbimento ed emissione, legge di Lambert-Beer
- Spettroscopia atomica: spettroscopia di assorbimento atomico in fiamma ed elettrotermica, spettroscopia di emissione atomica in fiamma e in plasma ad accoppiamento induttivo (ICP)
- Spettroscopia elettronica: assorbimento e fluorescenza
- Spettroscopia vibrazionale: infrarosso, FTIR e Raman

*Esercitazioni (ore totali: 16)*

Apprendimento dei principi di funzionamento della strumentazione per spettroscopia analitica, in particolare degli spettrofotometri per assorbimento atomico in fiamma, ICP, UV-visibile e FTIR nonché di uno spettrofluorimetro.

Analisi quantitativa di un metallo in soluzione acquosa.

Identificazione dei componenti di una miscela incognita di composti inorganici mediante le tecniche spettroanalitiche illustrate a lezione.

**ANALISI DI STRUTTURE MOLECOLARI**

*Crediti didattici 4*

Prof.ssa Rita Annunziata

Il corso deve fornire gli strumenti di base per analizzare la struttura di composti organici, a peso molecolare medio, attraverso lo studio delle loro caratteristiche spettroscopiche fondamentali.

Sarà dato particolare rilievo all'identificazione dei più importanti gruppi funzionali (utilizzo della spettroscopia UV e IR) ed alla caratterizzazione di intorni molecolari significativi (spettroscopia di RMN e MS).

Poiché, per l'analisi strutturale è particolarmente importante l'impiego comparativo di queste tecniche, sarà data particolare attenzione all'uso concertato nello studio di strutture organiche.

*La spettroscopia elettronica 2 ore*

La spettroscopia visibile ed ultravioletta applicata alla chimica organica. L'acquisizione di spettri elettronici di composti organici e presentazione dei dati. Descrizione di alcuni cromofori, auxocromi ed effetto della coniugazione.

*La spettroscopia rotovibrazionale 2 ore*

Uso della spettroscopia IR in chimica organica. Acquisizione di spettri infrarosso dei principali gruppi funzionali di composti organici.

*La risonanza magnetica nucleare 24 ore*

Cenni sulle proprietà magnetiche dei nuclei dotati di spin e loro comportamento in presenza di un campo magnetico. Spettroscopia ad impulsi. Acquisizione di spettri di risonanza magnetica nucleare relativi ai nuclei  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$  con analisi dei dati spettrali. Descrizione delle principali sequenze monodimensionali.

*La spettrometria di massa 4 ore*

Lo spettrometro di massa. Metodi di ionizzazione. Metodi d'analisi degli ioni in fase gassosa. Principali frammentazioni delle molecole organiche.

*Uso combinato di queste tecniche per l'analisi strutturale*





## TERZO ANNO

### TECNOLOGIE INDUSTRIALI DI DISINQUINAMENTO

Crediti didattici 7

Prof. Paolo Longhi

- A) Tipologie delle emissioni solide, liquide e aeriformi da impianti chimici, centrali termoelettriche e altri impianti e cicli di produzione industriali.
- B) Reflui liquidi industriali: impatto ambientale; tecniche di abbattimento degli inquinati mediante trattamenti fisici, chimici e chimico-fisici.
- C) Reflui liquidi industriali: tecniche di abbattimento degli inquinati mediante trattamenti biologici.
- D) Emissioni aeriformi: origine; permanenza in atmosfera ed effetti inquinanti; tecniche di abbattimento degli inquinati mediante trattamenti fisici, chimici e chimico-fisici.

### ELEMENTI DI IMPIANTI CHIMICI

Crediti didattici 5 - Modalità d'esame: l'esame di profitto consiste nell'analisi dettagliata di un flow-sheet di un processo industriale ed in un colloquio orale.

Dott.ssa Claudia Bianchi

- *Analisi di flow-sheet (6 ore)* - Analisi di flow-sheet di processi industriali. Simbologia utilizzata. Bilanci di materia. Bilanci di energia. Applicazioni a casi reali.
- *Il ciclo dell'acqua in un impianto industriale chimico (3 ore)*
- *Cenni teorici sul trasferimento di calore e sul trasferimento di massa (5 ore)*
- *Cenni teorici e pratici sugli scambiatori di calore (3 ore)* - Definizione del coefficiente globale di scambio termico. Calcolo del calore scambiato nell'unità di tempo. Scambiatori a fascio tubiero, a tubi alettati e compatti. Problemi dovuti all'incrostamento.
- *Pompe e compressori (3 ore).*
- *Cinetica applicata (9 ore)* - Richiami di cinetica chimica. Reazioni a stadi. Catalisi acido-basica. Autocatalisi. Catalisi eterogenea. Modelli cinetici per le reazioni catalitiche. Limitazioni diffusive, trasferimento di massa e di calore tra un fluido ed una superficie, trasferimento di massa con reazione chimica, trasferimento di massa all'interno di granuli porosi. Reazioni tra gas e liquidi. Reazioni in sistemi trifasici gas-liquido-solido.
- *Metodi di separazione (5 ore)* - Filtrazione. Assorbimento. Distillazione/rettifica. Metodi sperimentali per la determinazione dell'equilibrio liquido-vapore.
- *Processi e reattori chimici (10 ore)* - Reattori discontinui. Reattori continui a completo mescolamento. Reattori continui con flusso a pistone. Reattori continui non-ideali. Sistemi formati da più reattori. Reattori con riciclo. Reattori per reazioni gas-liquido. Reattori per reazioni gas-solido. Reattori per reazioni trifasiche.

Alcune lezioni teoriche saranno seguite da esercitazioni numeriche.

#### Testi consigliati:

- O. Levenspiel, *Chemical Reaction Engineering*, Wiley, New York, 1972
- L. Forni, *Fenomeni di trasporto*, Cortina, Milano, 1994
- C.O. Bennett, J.E. Meyers, *Momentum, heat and mass transfer*, McGraw-Hill, New York, 1962

#### *Modalità d'Esame*

L'esame di profitto consiste nell'analisi dettagliata di un flow-sheet di un processo industriale ed in un colloquio orale.

### CHIMICA ORGANICA FINE E MACROMOLECOLARE

Crediti didattici 7 (due moduli da 3.5 crediti)

- I modulo: Dott.ssa Amedea Manfredi
- II modulo: Prof.ssa Elisabetta Ranucci

#### I Modulo: Chimica Organica Fine (3,5 CFU)

##### *Ricerca e sviluppo di un processo di Chimica Fine:*

- professionalità e metodologie necessarie nella ricerca e sviluppo di un prodotto:
  - i PRDG (Process Research and Development Groups) nelle grosse multinazionali e nelle piccole e medie industrie: compiti e obiettivi a confronto;
  - problemi collegati con lo scale-up: reattori, separazioni, misura dei volumi, campionamento, evaporazione a secchezza, controllo delle temperatura, isolamento dei prodotti solidi;

- pericoli termochimici: le reazioni fuggitive e le decomposizioni termiche. Statistiche sugli incidenti, criteri di previsione: l'ARC e il programma CHETAH;
  - scelta della via sintetica: teoria dell' economia dell'atomo, catalisi, numero dei passaggi, resa;
  - solventi e reagenti per lo scale-up: tossicità e infiammabilità, criteri di scelta;
  - problemi di impatto ambientale: controllo dell'inquinamento, minimizzazione degli scarti.
  - regolamentazioni: le linee guida della FDA, le GMP, i sistemi di controllo dei cambiamenti di processo, la validazione dei processi.
- Esempi articolati di sintesi di prodotti della Chimica Organica Fine dalla loro individuazione alla loro produzione su scala industriale:
    - introduzione e descrizione della molecola
    - cenni sull'utilizzo e/o modo di azione
    - confronto critico fra le varie vie di sintesi
    - descrizione delle sintesi industriali.

(Sono stati descritti i principi attivi dei seguenti prodotti: Losartan, Nabumetone, Acyclovir, Idarubicina, antibiotici  $\beta$ -lattamici non classici).

#### Libri di testo consigliati:

- W. CABRI, R. DI FABIO - *From bench to market. The evolution of chemical synthesis* Oxford University Press - New York
- OLJAN REPIC - *Principles of process research and chemical development in the chemical pharmaceutical industry*. John Wiley & Sons, inc.

#### Modulo II: Chimica macromolecolare (3,5 CFU)

Definizioni introduttive fondamentali e concetto di distribuzione dei pesi molecolari nei polimeri. Sintesi di polimeri mediante polimerizzazione radicalica. Sintesi di polimeri mediante polimerizzazione a stadi. Sintesi di polimeri mediante polimerizzazione coordinata. Principali proprietà dei polimeri: proprietà termiche, viscosità in soluzione.

### **CHIMICA BIOLOGICA E BIOTECNOLOGIE**

*Crediti didattici 7*

Corso mutuato, vedi programma di Chimica Biologica del Corso di Laurea Triennale in Chimica

### **PROPRIETÀ INDUSTRIALE**

*Crediti didattici 3*

Dottor Gualtiero Dragotti

#### *Introduzione al diritto industriale*

Nozione ed oggetto del diritto industriale -I fondamenti giuridici ed economici del sistema delle privative - Cenni alle diverse privative: brevetti, modelli, marchi - Brevetto e sfruttamento dell'invenzione in regime di segreto - Invenzioni di prodotto, di procedimento e d'uso - Invenzioni e scoperte

#### *Riferimenti normativi*

Legislazione nazionale - Legislazione internazionale - Legislazione Europea e Comunitaria - Varietà Vegetali - Rapporti tra i diversi sistemi normativi - La natura sovranazionale del diritto dei brevetti

#### *I requisiti di validità del brevetto*

Le invenzioni non brevettabili: scoperte, software, metodi commerciali, novità vegetali e razze animali, metodi terapeutici - Industrialità - Liceità - Novità - Altezza inventiva

#### *Procedura di deposito nazionale*

Differenza tra sistema con esame e senza esame - Gli allegati alla domanda di brevetto: titolo, riassunto, descrizione, disegni, rivendicazioni - Il procedimento di brevettazione: Deposito, Esame, Modifiche della domanda, Concessione - Procedura di ricorso

#### *Procedura di deposito CBE*

La struttura dell'Ufficio Europeo dei Brevetti - Il problema linguistico - Il procedimento di brevettazione - Efficacia del brevetto europeo in Italia - Cenni alla procedura PCT

#### *Le cause di nullità del brevetto*

Tassatività delle cause di nullità - carenza dei requisiti - insufficienza della descrizione - estensione oltre il contenuto della domanda iniziale - brevettazione del non avente diritto -conversione del brevetto nullo - l'azione di nullità del brevetto

*L'interpretazione del brevetto*

Ambito dell'esclusiva - descrizione e rivendicazioni - brevetto di prodotto e brevetto di procedimento - la contraffazione per equivalenti - la contraffazione indiretta - gli usi consentiti: uso sperimentale, eccezione galenica, uso personale

*Le invenzioni del dipendente*

Invenzione di servizio - invenzione d'azienda - invenzione occasionale -le invenzioni in ambito universitario - determinazione dell'equo premio

*La circolazione del brevetto*

Cessione - licenza - licenza negoziale e licenza obbligatoria - insufficiente attuazione- brevetto dipendente - Regolamento sui trasferimenti di tecnologia - Il problema delle importazioni parallele: l'esaurimento dei diritti di brevetto

*La difesa del brevetto*

La domanda di contraffazione - presunzioni - competenza (forum shopping) - rimedi - cenni alla difesa penale

*I provvedimenti cautelari a tutela del brevetto*

La procedura cautelare - descrizione - sequestro - inibitoria - pubblicazione

Nell'ambito del corso verrà svolto un seminario di approfondimento.

Per ogni comunicazione il Prof. Dragotti può essere raggiunto all'indirizzo [dir.ind@pdlawit.com](mailto:dir.ind@pdlawit.com)

## CORSI OPZIONALI

### CHIMICA ANALITICA (APPLICATA AI BENI CULTURALI)

Crediti didattici 4

Prof.ssa Silvia Bruni

*Introduzione al corso (2 ore)*

Correlazione tra arte, archeologia e chimica analitica

*Metodi di analisi elementare applicati all'opera d'arte o al reperto archeologico: il problema della provenienza dei materiali (10 ore)*

Fluorescenza di raggi X (XRF) ed emissione di raggi X indotta da particelle (PIXE). Analisi per attivazione neutronica. Spettroscopia atomica (ICP-AES), ICP-MS, LA-ICP-MS. Trattamento statistico del dato analitico: cenni ai metodi di analisi multivariata .

*Le microspettroscopie vibrazionali (micro-FTIR e micro-Raman) per il riconoscimento dei pigmenti degli artisti (4 ore)*

*Metodi di analisi delle fasi mineralogiche: lo studio della tecnologia di cottura delle ceramiche antiche (4 ore)*

Diffrazione di raggi X da polveri (XRD) e spettroscopia FTIR.

*La microscopia elettronica a scansione (SEM) abbinata all'analisi EDX: lo studio delle superfici dipinte dei manufatti ceramici (2 ore)*

Tecniche di analisi molecolare: l'identificazione dei residui organici archeologici (4 ore)

Applicazioni di spettroscopia infrarossa, spettroscopia di risonanza magnetica nucleare (NMR), spettrometria di massa, gas cromatografia – spettrometria di massa (GC-MS)-

*Esercitazioni (12 ore)*

Dimostrazioni di: utilizzo di apparecchiature per XRF per l'analisi di materiali di interesse artistico; utilizzo di uno spettrometro Raman o FTIR per la caratterizzazione di pigmenti in opere d'arte; utilizzo di uno strumento SEM-EDX applicato ad un frammento di ceramica antica con rivestimento; utilizzo di un diffrattometro a raggi X per polveri per l'analisi della composizione mineralogica di una ceramica antica; utilizzo di un'apparecchiatura per GC-MS per il riconoscimento di un residuo organico archeologico.

### SOSTANZE NATURALI E APPLICAZIONI INDUSTRIALI

Crediti didattici 4

Dott.ssa Alessandra Silvani

1. Metabolismo primario e secondario.
2. I mattoni biosintetici del metabolismo secondario: unità C<sub>1</sub>; unità C<sub>2</sub> o acetato; unità C<sub>5</sub> o isoprenica; unità C<sub>6</sub>C<sub>3</sub> o fenilpropilica; unità C<sub>6</sub>C<sub>2</sub>N o fenilalaninica; unità indolo-C<sub>2</sub>N o triptofanica; unità C<sub>4</sub>N o dell'ornitina; unità C<sub>5</sub>N o della lisina.
3. I meccanismi di costruzione del metabolismo secondario: reazioni di sostituzione nucleofila e di addizione elettrofila; reazioni di trasposizione; reazione aldolica e di Claisen; reazioni di basi di Schiff e di Mannich; transaminazione; decarbossilazione; riduzione, ossidazione ed accoppiamento ossidativo; reazioni di glicosilazione.
4. La via biogenetica dell'acetato: acidi grassi saturi, insaturi acetilenici, ramificati; prostaglandine; polichetidi aromatici.
5. La via biogenetica dello shikimato: amminoacidi aromatici e semplici acidi benzoici; acidi cinnamici; lignani; cumarine; flavonoidi.
6. La via biogenetica del mevalonato: emiterpeni; monoterpeni ed iridoidi; sesquiterpeni; diterpeni; sesterterpeni; triterpeni; steroidi e fitosteroli.
7. Alcaloidi, peptidi, proteine ed altri derivati amminoacidici; alcaloidi pirrolidinici, pirrolizidinici, piperidinici, tetraidroisochinolinici semplici e modificati; alcaloidi indolici e dell'ergot; ormoni peptidici; peptidi modificati (β-lattami).
8. Sostanze Naturali di interesse industriale: metodi di isolamento, purificazione e riconoscimento; ormoni adrenocorticali/corticosteroidi; progestinici, estrogeni e androgeni; glicosidi cardioattivi; saponine steroidee; sostanze naturali ad attività antitumorale; sostanze naturali ad attività epatoprotettiva, antibatterica e sul SNC.

### TECNOLOGIE ELETTROCHIMICHE AMBIENTALI

Crediti didattici 4 (3 CFU lezioni frontali + 1 CFU esperienze di laboratorio)

Prof.ssa Sandra Rondinini

- Sistemi elettrochimici (2 ore): principi di funzionamento, elettrodi (materiali e geometrie), celle (materiali e geometrie)
- Processi elettrochimici puliti (8 ore): applicazioni per l'industria nei settori della produzione di energia (sistemi di accumulo dell'energia e pile a combustibile), chimica fine, chimica farmaceutica, industria agro-alimentare, ecc. Fotoelettrochimica. Tecnologie elettrochimiche applicate ai monitoraggi ambientali.
- Tecnologie elettrochimiche per il disinquinamento (6 ore): sistemi elettrolitici per la degradazione di inquinanti e microinquinanti organici, rimozione di inquinanti inorganici, riduzione e condizionamento degli scarichi
- Tecnologie elettrochimiche per il recupero e riciclaggio di materiali e la trasformazione dei residui industriali (8 ore): processi elettrolitici a membrana tipo elettrodialisi ed elettro-elettrodialisi, cenni di funzionamento delle membrane a scambio ionico, uso delle membrane bipolari

Esperienze di laboratorio (16 ore) sui temi: "Conversione di energia" (4 ore), "Degradazione di coloranti" (4 ore), "Recupero di rame" (4 ore) e "Rigenerazione di acido e base" (4 ore)

#### Materiale didattico e Testi Consigliati:

Durante il corso viene fornito il materiale didattico usato per le lezioni frontali, sotto forma di fotocopie o presentazioni al computer; si suggeriscono inoltre, a titolo consultivo, i seguenti testi:

- *Modern Electrochemistry: Electrode in Chemistry, Engineering, Biology, and Environmental Science* by John O'm Bockris, Amulya K. N. Reddy, J. O'M Bockris, Maria Gamboa-Aldeco, Plenum Press, 2000
- *Industrial Electrochemistry* by Derek Pletcher, Frank C. Walsh, Chapman and Hall, 1990

### **MATERIALI STRUTTURALI PER L'INDUSTRIA CHIMICA**

Crediti didattici 4

Prof. Giuseppe Faita

- tipi di danneggiamento dei materiali strutturali (rottture meccaniche in funzione della temperatura, attacchi da corrosione)
- elementi riguardanti le caratteristiche meccaniche: resilienza a bassa temperatura, carico di snervamento, fatica a media temperatura, creep ad alta temperatura
- principi di corrosione
- criteri di scelta dei materiali strutturali
- esempi applicativi (flowsheet di un impianto chimico, descrizione delle condizioni di processo, selezione dei materiali adatti alle varie apparecchiature)
- controlli non distruttivi in fase di manutenzione degli impianti
- bibliografia

### **METODI DI INDAGINE STRUTTURALE DI MATERIALI INORGANICI**

Crediti didattici 5

Dott. Piero Macchi

Corso mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica.

### **CHIMICA INORGANICA AVANZATA E METALLORGANICA**

Crediti didattici 5

Dott.ssa Laura Santagostini

(insegnamento disattivato dall'a.a. 2005-2006)

Composti inorganici nell'ambiente; composti dei gruppi 14, 15, 16, 17, metalli pesanti: loro utilizzo e potenziale inquinante. Principi di chimica metallorganica. Utilizzo di composti metallorganici ed impatto ambientale. Applicazione dei composti organometallici in campo medico: cofattori enzimatici, complessi veicolanti, antibatterici, antivirali, antitumorali. I derivati dei lantanidi nella diagnostica medica.

### **METODOLOGIE DI SINTESI ORGANICA**

Crediti didattici 5 (40 ore)

Dott. Luigi Lay

#### *1. Metodi di formazione del legame C-C (18 ore):*

generazione di carbanioni stabilizzati; alchilazione di ioni enolato (da aldeidi, chetoni, esteri, ammidi e nitrili); sintesi e utilizzo sintetico di enammine; reazioni di addizione coniugata; reazione di condensazione aldolica; reazioni di condensazione di

immine e ioni imminio; acilazione di carbanioni; reazione di Wittig; cicloaddizioni (reazione di Diels-Alder e correlate); reagenti organometallici: preparazione e applicazioni nella sintesi organica.

2. *Interconversione di gruppi funzionali (6 ore):*

preparazione di alogenuri alchilici e di nitrili; alchilazione di ammine e ammidi; preparazione di eteri; scissione di eteri e esteri; sintesi di esteri e ammidi.

3. *Riduzione e ossidazione di gruppi funzionali (10 ore):*

idrogenazione; riduzione con idruri metallici; riduzione con metalli in soluzione; ossidazione di alcoli e aldeidi; ossidazione di doppi legami C-C (epossidazione e scissione ossidativa); scissione ossidativa di glicoli.

4. *Strategie di sintesi organica (6 ore):*

protezione di gruppi funzionali (doppio e triplo legame C-C, OH, NH<sub>2</sub>, CO e COOH); esempi di sintesi di molecole di media complessità.

Testi consigliati:

- F.A. Carey, R.J. Sundberg *Advanced Organic Synthesis*, IV Ed. Part B, Plenum Press

## AUSILIARI E MATERIALI POLIMERICI

*Crediti didattici 5*

Prof. Giuseppe Di Silvestro

Il corso intende dare agli studenti i fondamenti delle proprietà dei materiali polimerici e dei problemi connessi alla modifica di queste proprietà per effetto dell'aggiunta di additivi di varia natura.

Il programma è diviso in due moduli uno legato alle proprietà dei materiali mentre l'altro è dedicato agli additivi.

*Proprietà dei materiali polimerici (2.5 cfu)*

1. I polimeri come materiali: caratteristiche strutturali.
2. Proprietà fisiche dei polimeri: proprietà termiche ed elettriche.
3. Proprietà meccaniche e concetto di viscoelasticità.
4. Proprietà dinamico-meccaniche.
5. Metodi di lavorazione dei materiali polimerici.

*Additivi per materiali polimerici (2.5 cfu)*

1. Problematica industriale dell'additivazione e metodi per ottenerla.
2. Stabilizzanti termici ed UV
3. Ritardanti di fiamma
4. Plastificanti per il controllo della temperatura di transizione vetrosa.
5. Cariche rinforzanti ed agenti di controllo della velocità di cristallizzazione e della morfologia dei materiali.
6. Cenni sui coloranti e sui compatibilizzanti di miscele polimeriche.

Nella trattazione saranno privilegiati i prodotti usati in due classi importantissime di materiali: poliolefine e poliammidi.

## SPETTROSCOPIA E FOTOCHIMICA APPLICATE

*Crediti didattici 5*

Prof.ssa Elena Selli

- *Introduzione (2 ore)* – Spettri di assorbimento e di emissione, livelli energetici, energia della radiazione, leggi di Lambert e Beer.
- *Spettroscopia vibro-rotazionale (6 ore)* – Livelli energetici rotazionali e vibrazionali, transizioni relative. Spettri rotazionali puri di molecole biatomiche e di molecole lineari e non lineari, spettroscopia nelle microonde. Spettri vibro-rotazionali, modi normali di vibrazione, frequenze caratteristiche di gruppo, spettri Raman.
- *Spettroscopia di risonanza (4 ore)* – Principi di spettroscopia di risonanza di spin elettronico e di spettroscopia di risonanza magnetica nucleare.
- *Produzione, proprietà e cammini di disattivazione di stati elettronici eccitati (8 ore)* – Assorbimento di luce. Tempi di vita, proprietà geometriche e acido-base di stati eccitati. Energie degli stati eccitati. Rilassamento vibrazionale, transizioni radiative e non radiative. Cinetica di spegnimento di stati eccitati, eccimeri e ecciplessi. Rese quantiche, cinetica e meccanismi di reazioni fotochimiche.
- *Tecniche sperimentali (4 ore)* – Sorgenti di luce convenzionali, attinometria. Lasers. Spettroscopia di luminescenza. Cenni su tecniche pulsate.

- *Processi fotochimici in natura (4 ore)* – Fotosintesi. Processo visivo. Reazioni fotochimiche nell'atmosfera e nell'inquinamento dell'aria.
- *Fotochimica di polimeri (4 ore)* – Meccanismi di fotopolimerizzazione, fotoinnesto e fotoreticolazione. Fotoiniziatori. Fotodegradazione e fotostabilizzazione di polimeri.
- *Fotocatalisi (4 ore)* – Processi fotoelettrochimici su semiconduttori. La fotocatalisi nella conversione di energia solare e nella degradazione di inquinanti.
- *Altre applicazioni (4 ore)* – Fotocromismo. Sintesi fotochimiche. Il processo fotografico.

#### Testi consigliati

- K.J. Laidler, J.H. Meiser, *Chimica Fisica*, Ed. Grasso (Bologna), 1999
- A. Gilbert, J. Baggott, *Essentials of Molecular Photochemistry*, Blackwell, 1991
- R.P. Wayne, *Principles and Applications of Photochemistry*, Oxford Science Publications, 1988

### **SINTESI ORGANICA A BASSO IMPATTO AMBIENTALE**

*Crediti didattici 5 (4 CFU lezioni frontali + 1 CFU esercitazioni)*

Prof. Mauro Cinquini

- Condizioni di reazione e scelta del solvente. Solventi protici e solventi aprotici dipolari. Reazioni in mezzi non convenzionali (fase fluorosa, liquidi ionici). Catalisi per trasferimento di fase liquido/liquido e solido/liquido.
- Atom economy
- Sintesi organica su fase solida.
- Catalisi omogenea e catalisi eterogenea. Catalisi organica.
- Catalizzatori supportati su matrice polimerica solubile ed insolubile.
- Catalizzatori enantioselettivi.

### **CALCOLO NUMERICO**

*Crediti didattici 5*

Corso mutuato dal corso di laurea triennale in chimica, vedi programma.

### **ECOLOGIA E TOSSICOLOGIA**

*Crediti didattici 5*

Mutuato dal Corso di Laurea in Biotecnologie

Dott. Andrea Binelli

Ecosistema come concetto ecologico di base, proprietà degli ambienti sistemici, struttura e funzione dell'ecosistema, stabilità e biodiversità, produzione e decomposizione, materia ed energia, evoluzione dell'ecosistema, fattori limitanti, legge di Liebig e di Shelford, concetto di nicchia ecologica, densità di popolazione e fattori di regolazione, interazioni di popolazione (competizione, coesistenza, predazione), composizione specifica, trasferimento di materia ed energia nella catena alimentare. Descrizione delle diverse classi di contaminanti ("naturali" e "di sintesi"), i modificatori endocrini e loro meccanismi d'azione, distribuzione dei contaminanti nell'ambiente (raggiungimento della condizione di equilibrio tra i diversi comparti ambientali, Legge di Henry), i coefficienti di ripartizione bifasici, il trasporto dei contaminanti a lunga distanza (teoria della distillazione frazionata, effetto "cavalletta", trappola fredda, reti trofiche artiche e antartiche), persistenza e degradabilità di una sostanza, il bioaccumulo (bioconcentrazione e biomagnificazione), definizione di tossicità, curve dose-effetto, tossicità acuta e cronica, valutazione della qualità di un corpo idrico, I.B.E, gli indicatori biologici, elementi di stima del rischio ambientale e per l'uomo, l'eutrofizzazione, la depurazione.

#### Testi consigliati:

- Provini, *Ecologia Applicata*, Città Studi Edizioni, 1998.
- S. Galassi, *Microinquinanti organici*, Hoepli, 1991.
- R. Vismara, *Ecologia Applicata*, Hoepli, 1997
- M. Vighi, *Ecotossicologia*, UTET, 1998.

**ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA  
APPLICATA E AMBIENTALE**

<b>insegnamento</b>	<b>docente</b>
Istituzioni di matematiche	Alberto Alesina
Chimica generale e inorganica	Francesca Porta
Lab. chim. generale e inorganica	Elena Cariati
Laboratorio di Informatica	Anna Bucalo
Fisica Generale	Ettore Gadioli
Chimica Analitica con laboratorio	Paola Fermo
Chimica Elettroanalitica con laboratorio	Torquato Mussini
Chimica Organica	Cesare Gennari
Laboratorio Chimica Organica	Rita Annunziata
Prova lingua inglese	Jill Friedman
Chimica Fisica	Giorgio Fiori
Chimica Fisica delle Interfasi	Silvia Ardizzone
Laboratorio di Chimica Fisica	Elena Selli
Chimica Inorganica e dei Materiali Inorganici con laboratorio	Luigi Garlaschelli
Chimica Ambientale, Sicurezza e Legislazione	Marino Nebuloni (disattivato dall'a.a. 03-04)
Controllo Ambientale	Anna Bortoluzzi
Comp. Organici di Interesse Industriale con lab. (I e III modulo)	Giovanni Russo Dario Perdicchia Maurizio Benaglia
Chimica Biologica e Biotecnologie	Renata Zippel
Analisi chimica Strumentale	Elena Cariati
Analisi di Strutture Molecolari	Rita Annunziata
Tecnologie Industriali di Disinquinamento	Paolo Longhi
Elementi di Impianti Chimici	Claudia Bianchi
Chimica Organica Fine e Macromolecolare I e II modulo	Amedea Manfredi Elisabetta Ranucci
Controllo Qualità e Certificazione	Marina Perego
Proprietà Industriale	Gualtiero Dragotti
Metodi di Indagine Strutturale di Materiali Inorganici	Piero Macchi
Chimica Inorganica Avanzata e Metallorganica (insegnamento disattivato dall'a.a. 2005/2006)	Laura Santagostini
Chimica Analitica (applicata ai Beni Culturali)	Silvia Bruni
Ecologia e Tossicologia	Andrea Binelli
Metodologie di Sintesi organica	Luigi Lay
Sostanze Naturali e Applicazioni Industriali	Alessandra Silvani
Sintesi Organica a Basso Impatto Ambientale	Mauro Cinquini
Ausiliari e Materiali Polimerici	Giuseppe Di Silvestro
Spettroscopia e Fotochimica Applicate	Elena Selli
Tecnologie Elettrochimiche Ambientali	Sandra Rondinini
Materiali Strutturali per l'Industria Chimica	Giuseppe Faita
Calcolo Numerico	Flavia De Tisi



**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE**

### **NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE**

Il corso di laurea magistrale in Scienze Chimiche (F83), appartenente alla classe delle lauree specialistiche in Scienze Chimiche (Classe 62/S), si svolge presso la Facoltà di Scienze MM. FF. NN. ed ha la durata di due anni.

I laureati nel corso di laurea magistrale avranno una formazione intesa a:

- avere una solida preparazione culturale di base nei diversi settori della chimica, nei suoi aspetti teorici e sperimentali;
- avere una buona padronanza del metodo scientifico di indagine;
- avere una buona conoscenza di strumenti matematici ed informatici di supporto;
- fornire una ampia autonomia nell'ambito del lavoro, che permetta una elevata responsabilità di progetti e strutture;
- acquisire tecniche utili per la comprensione di fenomeni a livello molecolare e conseguire competenze specialistiche in uno specifico settore della chimica e della biochimica;
- acquisire conoscenze nel settore delle più moderne metodologie di sintesi di composti chimici, quali farmaci, molecole bioorganiche e bioinorganiche, nuovi materiali, catalizzatori omogenei ed eterogenei;
- avere una solida preparazione per l'applicazione ai sistemi chimici di metodi teorici di simulazione e di modellistica computazionale;

Tra le attività che i laureati magistrali svolgeranno si indicano in particolare: le attività di promozione e sviluppo dell'innovazione scientifica e tecnologica, nonché di gestione e progettazione delle tecnologie, e l'esercizio di funzioni di elevata responsabilità nei settori dell'industria, dell'ambiente, della sanità, dei beni culturali e della pubblica amministrazione.

#### **Accesso**

Possono accedere al corso di laurea magistrale in Scienze Chimiche, con riconoscimento integrale dei crediti formativi universitari acquisiti, i laureati in Chimica (Classe 21, classe delle lauree universitarie in Scienze e Tecnologie Chimiche) dell'Università degli Studi di Milano.

Possono anche accedervi, con riconoscimento eventualmente parziale dei crediti formativi (CFU), coloro che siano in possesso di un'altra laurea della classe 21, Scienze e Tecnologie Chimiche, oppure della classe 1, Biotecnologie, della classe 24, Scienze e Tecnologie Farmaceutiche o della classe 27, Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura, nonché coloro che siano in possesso di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto idoneo.

Per essere ammesso al corso di laurea magistrale il laureato deve possedere i seguenti requisiti curriculari:

- per quanto riguarda le attività formative di base, almeno un totale di 19 CFU nelle discipline degli ambiti matematico-informatico e fisico;
- per quanto riguarda le attività formative caratterizzanti, almeno 55 CFU complessivi.

La preparazione personale dei laureati sarà verificata, ai fini dell'ammissione al corso di laurea magistrale, mediante un colloquio a carattere multidisciplinare. **Tale colloquio si svolgerà alle ore 10 del 29 settembre 2005 presso l'aula G15 del Settore Didattico, via Golgi 19 - Milano.**

**L'iscrizione al colloquio dovrà essere fatta entro il 10 settembre 2005.**

Potranno accedere al colloquio di ammissione gli studenti in possesso del titolo di laurea triennale.

Potranno accedere al colloquio, con riserva, anche quegli studenti che, ragionevolmente, prevedono di conseguire la laurea triennale entro il 28 febbraio 2006. Peraltro, si sconsiglia l'iscrizione al colloquio a quegli studenti che, alla predetta data del 10 settembre 2005, debbano ancora acquisire più di 35 CFU derivanti da prove d'esame con voto per accedere alla prova finale.

L'esito negativo conseguito nella prova di verifica comporta la preclusione all'accesso al corso di laurea specialistica per l'anno accademico 2005/2006.

In caso di esito positivo del colloquio, l'iscrizione al corso di laurea specialistica dovrà essere fatta dal 17 al 21 ottobre 2005.

I laureati con carenza di crediti formativi rispetto alla laurea triennale in Chimica, se ammessi, dovranno acquisire le conoscenze mancanti in accordo con le finalità della laurea magistrale, rispettando le propedeuticità indicate dalla Commissione di accesso alla Laurea Magistrale. I CFU non riconosciuti rimarranno nella carriera dello studente e potranno essere utilizzati nel corso degli studi della Laurea Magistrale, su delibera del Consiglio di Coordinamento Didattico previo parere della Commissione Piani di Studio.

### ORGANIZZAZIONE DEL CORSO DI LAUREA.

La durata del corso di laurea magistrale in Scienze Chimiche è di due anni dopo la laurea.

Il corso di laurea è articolato in tre curricula (curriculum A, B e C).

Le attività formative saranno costituite da corsi di insegnamento, esercitazioni numeriche e di laboratorio, seminari, attività didattiche a piccoli gruppi, corsi liberi, partecipazione a seminari, conferenze, convegni, tirocinio/stage (svolto in strutture universitarie e/o all'esterno), attività di ricerca relative alla tesi di laurea, attività di ricerca bibliografica.

I corsi di insegnamento potranno essere organizzati per moduli.

L'apprendimento delle competenze e delle professionalità da parte degli studenti è computato in crediti formativi (CFU), corrispondenti a 25 ore di lavoro per lo studente.

La frazione dell'impegno orario complessivo riservata allo studio personale o alle altre attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico è così determinata:

nel caso di lezioni, 8 ore di insegnamento e 17 ore di studio personale;

nel caso di esercitazioni numeriche e di laboratorio, 16 ore di attività pratica e 9 ore di studio personale;

nel caso del lavoro di tirocinio e di tesi 21 ore di lavoro e 4 ore di studio personale.

Per conseguire la laurea magistrale lo studente deve avere acquisito 120 crediti.

### Attività formativa.

Le attività formative nelle diverse aree scientifico-disciplinari per i diversi curricula, e i corrispondenti crediti (CFU), sono specificati nella tabella che segue.

#### Curriculum A : Inorganico-Chimico Fisico

Insegnamenti obbligatori (dalla Tab. 1)	a) fondamentali:	- CHIM/02 o CHIM/03 (18 CFU)
	b) affini o integrativi:	- MAT/01-09 (5 CFU) - INF/01 (3CFU) - CHIM/08 o GEO/06 (4 CFU)
Insegnamenti opzionali (dalla Tab. 2)	- CHIM/02 o CHIM/03 (12 CFU) - CHIM/06 (6 CFU)	
Insegnamenti a scelta libera dello studente:	- 6 CFU	
Altre attività (tesina e lavoro su banche dati):	- 6 CFU	
Tirocinio	- 9 CFU	
Laboratorio di tesi magistrale e prova finale	- 51 CFU	

#### Curriculum B : Organico

Insegnamenti obbligatori (dalla Tab. 1)	a) fondamentali:	- CHIM/06 (18 CFU)
	b) affini o integrativi:	- MAT/01-09 (5 CFU) - INF/01 (3CFU) - CHIM/08 o GEO/06 (4 CFU)
Insegnamenti opzionali (dalla Tab. 2)	- CHIM/06 (12 CFU) - CHIM/02 o CHIM/03 (6 CFU)	
Insegnamenti a scelta libera dello studente:	- 6 CFU	
Altre attività (tesina e lavoro su banche dati):	- 6 CFU	
Tirocinio	- 9 CFU	
Laboratorio di tesi magistrale e prova finale	- 51 CFU	

**Curriculum C : Interdisciplinare**

Insegnamenti obbligatori (dalla Tab. 1)	a) fondamentali:	- CHIM/02 (9 CFU) e CHIM/03 (9CFU), oppure: CHIM/02 (9 CFU) e CHIM/06 (9 CFU), oppure: CHIM/03 (9 CFU) e CHIM/06 (9 CFU)
	b) affini o integrativi:	- MAT/01-09 (5 CFU) - INF/01 (3CFU) - CHIM/08 o GEO/06 (4 CFU)
Insegnamenti opzionali (dalla Tab. 2)	- CHIM/02, CHIM/03, CHIM/06 (18 CFU)	
Insegnamenti a scelta libera dello studente:	- 6 CFU	
Altre attività (tesina e lavoro su banche dati):	- 6 CFU	
Tirocinio	- 9 CFU	
Laboratorio di tesi magistrale e prova finale	- 51CFU	

**Organizzazione didattica**

**PRIMO ANNO**

	<i>insegnamento</i>	<i>esame o prova</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>attività formativa</i>	<b>SSD</b>
<b>1° semestre</b>					
F83002	Complementi di matematica *	<1>	5	c	MAT/05
F83009	Informatica	<2>	3	c	INF/01
	Un insegnamento con relativo laboratorio dalla Tab. 1	<3>	9	b	
	Un insegnamento dalla Tab. 2	<4>	6	b	
e inoltre:					
F83010	Chimica Farmaceutica	<5>	4	c	CHIM/08
<i>oppure:</i>					
F83011	Mineralogia	<5>	4	c	GEO/06
<b>2° semestre</b>					
	Un insegnamento con relativo laboratorio dalla Tab. 1	<6>	9	b	
	Un insegnamento dalla Tab. 2	<7>	6	b	
	Un insegnamento dalla Tab. 2	<8>	6	b	
	Insegnamento a libera scelta	<9>	6	d	
	Tesina e lavoro su banche dati	<prova 1>	6	f	

\* in comune con il corso di laurea magistrale in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali

La “tesina e lavoro su banche dati” sarà svolta sotto la guida di un docente che assegnerà il tema della ricerca, nell'ambito del curriculum scelto. I risultati della ricerca saranno raccolti in un elaborato che verrà valutato da una apposita commissione presieduta dal docente responsabile.

**Gli insegnamenti scelti dalle Tab. 1 e 2 dovranno essere compatibili con la distribuzione, nelle diverse aree scientifico-disciplinari, dei CFU più sopra indicati per la attività formativa di ciascuno dei diversi curricula. A tale scopo gli studenti si avvarranno dei suggerimenti della Commissione Piani di Studio.**

**SECONDO ANNO**

	<i>esame o prova</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>attività formativa</i>
Tirocinio		9	f
Laboratorio di tesi	<prova finale>	51	e

Il Tirocinio è rivolto all'apprendimento e/o approfondimento della conoscenza delle tecniche sperimentali che verranno utilizzate nel laboratorio di tesi. Lo studente deve:

- presentare sull'apposito modulo domanda indicando l'argomento del tirocinio e il nome del tutor responsabile;
- al termine del tirocinio compilare l'apposito modulo che, sottoscritto dal tutor responsabile, sarà consegnato alla Segreteria Didattica per l'acquisizione dei CFU.

Tutor per il tirocinio sono tutti coloro che possono svolgere la funzione di relatore di tesi.

**Studenti già iscritti al primo anno nell'a.a. 2003-2004**

*Gli studenti già iscritti al 1° anno di corso nell'a.a. 2003-2004, secondo il precedente manifesto degli studi, nel corso del secondo anno dovranno completare il laboratorio di tesi per la acquisizione dei rimanenti 35 crediti (il numero totale di crediti per il laboratorio di tesi essendo pari a 51) e dovranno inoltre rispettare la seguente organizzazione didattica:*

**SECONDO ANNO**

	<i>esame o prova</i>	<i>Crediti (CFU)</i>	<i>attività formativa</i>
<b>1° semestre</b>			
Un insegnamento dalla Tab. 2	<7>	6	b
Tesina e lavoro su banche dati	<prova 1>	6	f
<b>2° semestre</b>			
Un insegnamento dalla Tab. 2	<8>	6	b
Un insegnamento dalla Tab. 2	<9>	6	b

**Gli studenti possono discostarsi dai curricula previsti** e presentare un piano di studio individuale, nel rispetto delle norme del Regolamento Didattico della Facoltà di Scienze MM. FF. NN. Ogni piano di studio individuale verrà vagliato dalla Commissione piani di studio e sarà sottoposto al Consiglio di Coordinamento Didattico, che lo potrà approvare o respingere.

**Tabella 1**

n.	codice	insegnamenti	CFU	SSD	anno/semestre
i)	F8300 3	Chimica Fisica (A) e Laboratorio di Chimica Fisica (A)	6+3	CHIM/02	I/1°
ii)	F8300 4	Chimica Fisica (B) e Laboratorio di Chimica Fisica (B)	6+3	CHIM/02	I/2°
iii)	F8300 5	Chimica Inorganica (A) e Laborat.di Chimica Inorganica (A)	6+3	CHIM/03	I/1°
iv)	F8300 6	Chimica Inorganica (B) e Lab. di Chimica Inorganica (B)	6+3	CHIM/03	I/2°
v)	F8300 7	Chimica Organica (A) e Lab. di Chimica Organica (A)	6+3	CHIM/06	I/1°
vi)	F8300 8	Chimica Organica (B) e Lab. di Chimica Organica (B)	6+3	CHIM/06	I/2°

**Tabella 2**

n.	codice	insegnamenti	CFU	SSD	semestre
1	F83015	Chimica Fisica (Cristallochimica)	6	CHIM/02	1°
2	F83016	Chimica Fisica dei Sistemi Dispersi e Interfasi <sup>(1)</sup>	6	CHIM/02	2°
3	F83017	Chimica Fisica dello Stato Solido e delle Superfici	6	CHIM/02	2°
4	F83018	Chimica Teorica	6	CHIM/02	2°
5		Elettrochimica (Organica)	6	CHIM/02	2°
6	F83020	Fotochimica <sup>(1)</sup>	6	CHIM/02	1°
7	F83021	Chimica Bioinorganica <sup>(1)</sup>	6	CHIM/03	1°

8	F83022	Stereochimica Inorganica	6	CHIM/03	2°
9	F83023	Chimica Inorganica (Applicazioni)	6	CHIM/03	1°
10	F83024	Chimica Inorganica (Complementi)	6	CHIM/03	2°
11	F83025	Chimica Inorganica (Cristallochimica)	6	CHIM/03	1°
12	F83026	Chimica Inorganica (Reattività dei composti metallorganici)	6	CHIM/03	1°
13	F83027	Chimica Metallorganica (Catalisi omogenea)	6	CHIM/03	2°
14	F83028	Chimica dello Stato Solido <sup>(1)</sup>	6	CHIM/03	2°
15	F83029	Metodologie avanzate di sintesi organica	6	CHIM/06	1°
16	F83030	Chimica Bioorganica <sup>(1)</sup>	6	CHIM/06	1°
17	F83031	Chimica dei Composti Organometallici	6	CHIM/06	1°
18	F83032	Metodi Fisici Avanzati in Chimica Organica <sup>(2)</sup>	6	CHIM/06	1°
19	F83033	Chimica Organica (complementi)	6	CHIM/06	2°
20		Stereochimica organica <sup>(1)</sup>	6	CHIM/06	1°
21		Chimica organica superiore	6	CHIM/06	2°
22		Meccanismi delle reazioni organiche	6	CHIM/06	2°

<sup>(1)</sup> in comune con il corso di laurea magistrale in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali

<sup>(2)</sup> scelta riservata ai curricula B e C.



**PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI**



## PRIMO ANNO

### Insegnamenti della tabella 1

#### **CHIMICA FISICA (A)**

*Crediti didattici 6*

Prof. Mario Raimondi

##### *Introduzione a metodi statistici*

Concetti statistici fondamentali. Valori medi e distribuzioni probabilistiche. Cammini casuali e distribuzione gaussiana.

##### *Descrizione statistica di sistemi di particelle*

Definizione dello stato di un sistema con un numero di particelle dell'ordine di grandezza del numero di Avogadro

##### *Termodinamica Statistica*

Il teorema di Liouville e la relazione tra i postulati probabilistici fondamentali ed il concetto di equilibrio e di processo reversibile. Processi irreversibili e teorema della mobilità. Insieme statistico rappresentativo. Trattazione statistica della interazione termica di sistemi macroscopici. Equilibrio termico. Temperatura. Entropia. Trattazione statistica della interazione meccanica. Calcolo statistico di quantità termodinamiche. Sistemi in equilibrio con una riserva di calore ed equilibrio canonico. Funzione partizione. Sue proprietà.

##### *Applicazioni semplici di meccanica statistica*

Trattazione del gas perfetto. Interpretazione microscopica della equazione di stato. Calcolo dell'entropia mediante la meccanica classica; paradosso di Gibbs ed indistinguibilità. Teorema di equiripartizione dell'energia ed applicazioni. Calore specifico dei solidi e modello di Einstein. Paramagnetismo e trattazione generale della magnetizzazione.

##### *Trattazione statistica dell'equilibrio tra fasi ed equilibrio chimico*

Equilibrio chimico: trattazione statistica delle condizioni di equilibrio e derivazione della espressione della costante di equilibrio in termini delle funzioni partizione molecolari. Collegamento con la spettroscopia e calcolo della funzione partizione di molecole poliatomiche: calcolo del contributo traslazionale, vibrazionale e rotazionale.

##### *Meccanica statistica quantistica*

Distribuzioni statistiche quantistiche. Statistica di Maxwell-Boltzmann. Statistica di Planck. Statistica di Bose-Einstein. Statistica di Fermi-Dirac. Limite classico delle distribuzioni quantistiche. Applicazioni a gas quantistici ideali. Problema del corpo nero. Gli elettroni di conduzione dei metalli. Funzione di Fermi e calcolo quantitativo del calore specifico elettronico nei metalli.

##### *Sistemi non ideali*

Gas reale: derivazione della equazione di Van der Waals a partire da un potenziale attrattivo approssimato. Equazione del viriale. Liquidi: cenni sulla simulazione con tecniche di calcolo basate sulla dinamica molecolare e sul metodo di Montecarlo.

##### *Teoria del trasporto*

Tempo di collisione. Libero cammino medio. Sezione d'urto. Viscosità  $\eta$ . Calcolo del coefficiente di viscosità per un gas diluito. Calcolo del coefficiente di conducibilità termica. Diffusione. Calcolo del coefficiente di diffusione. Equazione della diffusione. Conducibilità elettrica. Processi di trasporto e funzione di distribuzione. Equazione di Boltzmann in assenza ed in presenza di collisioni di Boltzmann.

#### **LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (A)**

*Crediti didattici 3*

Prof. Emanuele Ortoleva

Durante il laboratorio verrà studiata mediante calcoli quantomeccanici una reazione chimica.

Verranno utilizzate le nozioni di punti stabili e punti di sella sulla superficie di Born-Oppenheimer, modi normali di vibrazione, coordinata intrinseca di reazione. Verranno utilizzati i principali concetti di termodinamica statistica per calcolare le costanti di equilibri e la costante cinetica mediante l'equazione di Eyring.

Verranno, inoltre fatte ipotesi di reattività a partire dal calcolo del potenziale elettrostatico.

### CHIMICA FISICA (B)

Crediti Didattici: 6 (5 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)

Prof. Gian Franco Tantardini

- Strutture periodiche e reticolo cristallino, operazioni di simmetria, indici di *Miller*, reticoli di *Bravais*, strutture cristalline semplici. Teoria generale della diffrazione, reticolo reciproco, condizioni di diffrazione di *von Laue*, interpretazione di *Bragg*, zone di *Brillouin*, fattori di struttura, metodi ed esperimenti di diffrazione.
- Dinamica atomica nei cristalli, energia potenziale, equazioni di moto, vibrazioni reticolari, catena lineare biatomica, relazioni di dispersione, fononi acustici e ottici, densità degli stati, energia termica di un oscillatore armonico, capacità termica fononica, modelli di *Einstein* e di *Debye*.
- Modello a elettroni liberi, funzione di distribuzione di Fermi, capacità termica del gas di elettroni. Simmetria traslazionale e teorema di *Bloch*, approssimazione dell'elettrone quasi libero, approssimazione Tight Binding, bande di energia, densità degli stati, superfici di Fermi.
- Struttura di superfici solide, ricostruzione, strutture di adsorbati, metodi sperimentali per lo studio di superfici (*STM*, *AFM*, *LEED*, *XPS*, *UPS*, *AES*, *EELS*).
- Processi molecolari su superfici solide, fisisorbimento, chemisorbimento molecolare e dissociativo, dinamica di adsorbimento (attivato, non attivato, diretto, mediato da stato precursore) e di desorbimento, *microscopic reversibility* e *detailed balance*, topografia della superficie di energia potenziale, influenza delle diverse componenti dell'energia su adsorbimento e desorbimento, approccio molecolare ai meccanismi di reazione su superfici (*Langmuir-Hinshelwood* e *Eley-Rideal*), ruolo degli *Hot Atom*.
- Esercitazioni - Risoluzione di problemi ed esempi.

#### Testi di consultazione:

- H. Ibach, H. Luth, *Solid State Physics (An Introduction to Principles of Materials Science)*, Springer, 3a ed., 2003
- K.W. Kolasinski, *Surface Science - Foundations of Catalysis and Nanoscience*, John Wiley & Sons LTD, 2002

### LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (B)

Crediti didattici 3

Dott. Marco Scavini

Classificazione dei difetti puntuali; loro influenza sulle proprietà fisiche dei solidi. Diagrammi di fase a uno due e tre componenti. Transizioni di fase: classificazione di Buerger e di Ehrenfest. Equazione di Avrami. Reattività dei solidi: reazioni solido-solido.

I concetti sopra descritti sono applicati allo studio di un numero limitato di sistemi solidi modello, evidenziando l'interdipendenza tra la struttura cristallina, la struttura dei difetti e le proprietà fisiche risultanti. In particolare sono studiati materiali superconduttori e conduttori ionici tipo FIC (Fast Ionic Conductors).

Tecniche sperimentali descritte ed utilizzate: sintesi allo stato solido, diffrattometria di raggi-X su polveri, microscopia elettronica, spettroscopia di impedenza, calorimetria differenziale a scansione, termogravimetria, Risonanza Paramagnetica Elettronica.

### CHIMICA INORGANICA (A)

Crediti didattici 6

Prof. Alessandro Pasini

#### Parte 1. Complementi di chimica degli elementi.

1. IDROGENO.
2. GRUPPI 1 e 2.
3. GRUPPO 13.
4. GRUPPO 14.
5. GRUPPO 15.
6. GRUPPO 16.
7. GRUPPO 17.
8. GRUPPO 12.
9. I METALLI DI TRANSIZIONE..

#### Parte 2. Il sistema metallo-legante.

10. IL SISTEMA METALLO LEGANTE.
11. ASPETTI TERMODINAMICI.
12. GEOMETRIE DI COORDINAZIONE.
13. ASPETTI ELETTRONICI. Orbitali molecolari, donazione e retrodonazione. Teoria del campo cristallino.

14. STATI DI OSSIDAZIONE. Stabilizzazione di stati di ossidazione bassi, intermedi ed elevati. Relazione leganti-geometria -stato di ossidazione.
15. STABILIZZAZIONE DI MOLECOLE O GRUPPI MEDIANTE COORDINAZIONE.
16. DESCRITTIVA DI ALCUNI LEGANTI. Ossido di carbonio. Fosfine. Olefine. Ciclopentadienili e areni. Allili, s alchili. Idruri. Complessi h2 di legami s:

*Parte 3. Reattività dei composti di coordinazione e organometallici.*

17. MOLECOLE STEREOCHIMICAMENTE NON RIGIDE.
18. REAZIONI DI SOSTITUZIONE DEI LEGANTI. Effetto trans e trans influenza.
19. REAZIONI DI TRASFERIMENTO ELETTRONICO.
20. REAZIONI DI SOMMA OSSIDATIVA. Reazioni con substrati con legami multipli. Reazioni con protoni e con acidi protici. Alogenuri alchilici. Attivazione del diidrogeno. e del legame C-H.
21. REAZIONI DI ELIMINAZIONE RIDUTTIVA.
22. REAZIONI DI MIGRAZIONE-INSERZIONE. Migrazioni di alchili su ossido di carbonio, di idruri su olefine e b eliminazione, di alchili su olefine. Oligomerizzazione di etilene
23. ATTIVAZIONE DI LEGANTI COORDINATI. Attacchi nucleofili a leganti coordinati: ossido di carbonio, olefine, regole di Davies, Green e Mingos. Processo Wacker. Allili. Sistemi aromatici. .
24. ATTACCHI ELETTRIFILI. Sistemi d0 e a 18 elettroni.
25. ESEMPI DI CICLI CATALITICI. Idrogenazione. Carbonilazione del metanolo. Idroformilazione. Cenni alla polimerizzazione e metatesi di olefine. Processo SHOP.
26. ASPETTI FARMACOLOGICI. Generalità, vanadio; diagnostica, cisplatino.

**LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (A)**

*Crediti didattici 3*

Dott.ssa Emma Gallo

In attesa programma

**CHIMICA INORGANICA (B)**

*Crediti didattici 6*

Prof. Angelo Sironi

Lo scopo primario del corso è quello di:

- i) mostrare l'importanza del concetto di struttura molecolare per la razionalizzazione della reattività e delle proprietà spettroscopiche;
- ii) discutere le principali metodologie (diffrazionometriche e spettroscopiche) usate per la determinazione (anche solo parziale) della struttura molecolare nei diversi stati di aggregazione, al fine di evidenziare le interconnessioni esistenti tra i procedimenti di modellazione e di determinazione strutturale;
- iii) fornire gli strumenti necessari per la ricerca, la valutazione dell'affidabilità e l'utilizzazione delle informazioni strutturali presenti nella letteratura scientifica;
- iv) descrivere il Principio di Correlazione di Struttura e le sue principali derivazioni ed implicazioni [dalle correlazioni distanza, ordine ed energia di legame all'Analisi Quantitativa degli Effetti dei Leganti (QALE)];
- v) descrivere alcuni modelli teorici (dai diagrammi di Walsh alla Meccanica Molecolare) utili per la razionalizzazione della stereochimica, della termochimica e della reattività dei composti organometallici e di coordinazione;

**LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (B)**

*Crediti didattici 3*

Prof. Angelo Sironi

Gli studenti, suddivisi in gruppi, affronteranno una esperienza tra quelle qui di seguito elencate. Le lezioni del corso avranno carattere tutoriale e ciascun gruppo di studenti, durante l'espletamento dell'attività assegnatagli, riceverà suggerimenti sulle modalità operative e sulle letture necessarie all'approfondimento teorico di quanto messo in pratica. Le esperienze, che prevedono un impiego esteso di elaboratori elettronici, riguarderanno alcune tecniche fondamentali nell'ambito delle discipline Inorganico-Strutturali:

- i) determinazione della struttura cristallina e molecolare di un composto organometallico mediante diffrazione a Raggi X su monocristallo;
- ii) analisi qualitative e quantitative di fasi inorganiche utilizzando la diffrazione a raggi X su materiali policristallini;
- iii) valutazione dell'ingombro sterico medio di un legante mediante l'uso combinato di dinamica e meccanica molecolare(ER di Brown);

- iv) razionalizzazione della stereochimica di una classe di composti organometallici mediante l'uso della grafica e della meccanica molecolare;
- v) utilizzo delle banche dati cristallografiche nella razionalizzazione della stereochimica dei composti organometallici;

### **CHIMICA ORGANICA (A)**

*Crediti didattici 6*

Prof. Giovanni Russo

*Richiami su legame chimico e struttura.*

Metodo VO e MO. Orbitali molecolari perturbati. Iperconiugazione.

*Stereochimica.*

Stereochimica statica e dinamica. Chiralità, enantiomeria, diastereomeria, prochiralità. Analisi conformazionale. Effetto di eternotomi sulle conformazioni. Effetti conformazionali, sterici, e stereoelettronici sulla reattività.

*Meccanismi di reazione.*

Aspetti generali. Termodinamica, cinetica. Equazione di Hammett. Effetti isotopici. Intermedi di reazione. Catalisi. Effetti del solvente. Aspetti stereochimici. Reazioni di sostituzione nucleofila. Reazioni di addizione e di eliminazione.

*Aromaticità.*

Il concetto di aromaticità. Gli annuleni. Omoaromaticità. I sistemi condensati.

*Reazioni concertate.*

Reazioni elettrocicliche, reazioni sigmatropiche, reazioni eniche, cicloaddizioni.

*Esercitazioni in aula.*

### **LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (A)**

*Crediti didattici 3*

Paola Del Buttero

Il corso consiste in esercitazioni di laboratorio a banco singolo.

Obiettivo di questo laboratorio è quello di stimolare nello studente, che già dovrebbe aver acquisito con i Corsi precedenti oltre ad una solida conoscenza teorica anche una buona abilità manuale, la curiosità per le problematiche connesse con il lavoro di sintesi e di ricerca e di fornirgli, per quanto possibile, una metodologia per risolverle.

A tale scopo lo studente realizzerà delle sintesi in più step di prodotti racemi di interesse applicativo, seguendo una metodologia per la maggior parte guidata, senza però precludere una certa libertà di scelta da parte dello studente, in special modo riguardo alle tecniche di recupero dei prodotti ed alla loro purificazione. Inoltre lo studente si cimenterà sulla risoluzione negli enantiomeri dei prodotti ottenuti e sulla determinazione della loro purezza ottica.

### **CHIMICA ORGANICA (B)**

*Crediti didattici 6 (48 ore)*

Prof. Carlo Scolastico

Addizioni elettrofile a legami multipli C-C: addizione di acidi alogenidrici, idratazione, ossimercuriazione, addizione di alogeni, reagenti elettrofilici a base di zolfo e selenio, sostituzione elettrofila in  $\alpha$  al gruppo carbonilico. Addizioni ad alleni e ad alchini. Idroborazione. Reazione degli organoborani: trasformazioni in alcoli, ammine alogenuri. Idroborazione enantioselettiva, idroborazione di alchini.

Reazioni di cicloaddizione: reazione di Diels-Alder, il diene e il dienofilo. Reazione di Diels-Alder inversa, asimmetrica e intramolecolare. Cicloaddizioni 1,3-dipolari, dipoli e dipolarofili. Cicloaddizioni 1,3-dipolari asimmetriche. Cicloaddizioni [2+2] e altre reazioni che conducono a ciclobutani. Reazioni fotochimiche di cicloaddizione. Riassamenti sigmatropici [3,3]: Cope, Ossi-Cope e Ossi-Cope anionica, Claisen. Riassamenti [2,3] sigmatropici. "Ene reaction" e reazioni di eliminazione termica unimolecolari. Decomposizione di azocomposti ciclici,  $\beta$ -eliminazioni coinvolgenti stati di transizione ciclici.

Composti organometallici del I, II e III gruppo: preparazione e reazioni di composti di organomagnesio, di organolitio, di organozinco, di organomercurio, di organoindio e di organocerio.

Reazioni coinvolgenti metalli di transizione: preparazione e reazioni di composti di organorame, di organocuprati, di organocianocuprati, di organozincorame e di organomagnesiorame. Reazioni coinvolgenti intermedi di organopalladio: alchilazione e sostituzione nucleofila catalizzata da palladio, reazione di Heck, reazioni di cross coupling catalizzate da palladio, reazione di carbonilazione. Reazioni coinvolgenti composti di organo-nickel, reazioni coinvolgenti rodio e cobalto, composti organometallici con legami  $\pi$ .

Formazione del legame C-C: preparazione e reazioni dei composti contenenti boro, silicio e stagno. Reazioni coinvolgenti intermedi carbocationici. Reazioni coinvolgenti carbeni e nitreni.

Reazioni coinvolgenti radicali liberi: preparazione di intermedi radicalici, funzionalizzazione mediante reazioni radicaliche, reazioni di addizione di radicali ad alcheni sostituiti, ciclizzazione di intermedi radicalici, reazioni di frammentazione e di riassetamento.

Testo consigliato:

- F. Carey, R. Sundberg "Advanced Organic Chemistry", IV Edition, Part B, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2001.

### **LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (B)**

*Crediti didattici 3*

Prof.ssa Anna Bernardi

Il corso prevede l'introduzione di tecniche di laboratorio non utilizzate nei precedenti corsi, con particolare enfasi sulle tecniche di manipolazione in atmosfera inerte e sull'esecuzione di sequenze sintetiche in più passaggi.

### **COMPLEMENTI DI MATEMATICHE (1° MODULO)**

*Crediti didattici 2*

Prof.ssa Flavia De Tisi

**Insegnamento disattivato dall'a.a. 2004-2005**

- Nozioni introduttive sugli errori, tipi di errore, stima e maggiorazione.
- Instabilità e mal condizionamento con particolare riferimento alla soluzione di sistemi lineari .  
Trattamento di dati sperimentali, regressione lineare.
- Integrazione numerica : formule di quadratura e soluzioni approssimate di un problema di Cauchy (Runge-Kutta).

### **COMPLEMENTI DI MATEMATICHE**

*Crediti didattici 5*

Prof. Alberto Alesina

- Richiami di calcolo differenziale in più variabili: Derivate parziali e direzionali, Gradiente, Differenziale totale, Differenziazione di funzioni composte, Cambiamenti di coordinate (cilindriche, sferiche..) in espressioni differenziali.
- Forme differenziali, Integrale di linea di una forma differenziale, Potenziale.
- Richiami sulle equazioni differenziali ordinarie, soluzione per serie di potenze, cenni alle funzioni di Bessel.
- Cenni alle Equazioni alle Derivate Parziali, con discussione di esempi di interesse per la Chimica e l'Impiantistica.
- Ottimizzazione dei parametri; minimi quadrati non lineari. Il caso dei modelli espliciti e di quelli sotto forma differenziale.
- Uso di software matematico per la soluzione di alcuni dei problemi trattati teoricamente
- Se avanza tempo:  
Cenni alla Serie e alla Trasformata di Fourier. Trasformata di Fourier Discreta, Algoritmo FFT.

### **INFORMATICA**

*Crediti didattici 3*

Dott.ssa Anna Morpurgo

*Il corso di Informatica si propone di avviare lo studente alla programmazione in Fortran.*

**A. Introduzione:**

- Richiami sul calcolatore, hardware e software, sistemi operativi (Windows e Linux)
- Algoritmi e programmi
- Linguaggi: sintassi e semantica - Linguaggi di programmazione - Dal programma in linguaggio ad alto livello al programma eseguibile - Paradigmi di programmazione

**B. Introduzione alla programmazione in Fortran:**

- Struttura di un programma Fortran
- Tipi di dati
- Istruzioni e Strutture di controllo
- Iterazione e ricorsione

- Procedure e funzioni
- lettura e scrittura

C. *Uso delle librerie*

D. *Aspetti relativi alla gestione di un esperimento*

- raccolta dei dati
- software applicativi di visualizzazione
- Grapher
- Surfer

## **CHIMICA FARMACEUTICA**

*Crediti didattici 4*

Prof. Carlo De Micheli

A) *Parte generale*

- Introduzione alla Chimica Farmaceutica
- Cenni di Farmacocinetica: assorbimento, distribuzione, metabolismo, escrezione.
- Cenni di Farmacodinamica. L'interazione farmaco-recettore. Aspetti quantitativi dell'azione di un farmaco. Definizione di agonista, agonista inverso, agonista parziale e antagonista.
- I recettori: struttura e funzionamento.
- La scoperta di un farmaco 'lead'.
- Manipolazione molecolare: Isosteria, semplificazione e complicazione molecolare.
- Effetto dei sostituenti sull'attività biologica; aspetti qualitativi delle relazioni struttura-attività; brevi cenni di QSAR (relazioni quantitative struttura-attività).
- Manipolazione molecolare in funzione del metabolismo.
- Stereochimica e attività biologica.

B) *Parte sistematica*

Nella seconda parte del corso saranno trattati argomenti monografici che illustreranno alcune problematiche affrontate nella parte generale. La scelta delle classi di farmaci da illustrare potrà essere concordata con gli studenti.

## **MINERALOGIA**

*Crediti didattici 4*

Corso mutuato dal Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura

### **Insegnamenti della tabella 2**

## **CHIMICA FISICA (CRISTALLOCHIMICA)**

*Crediti didattici 6 (5 CFU di lezioni + 1 CFU di Esercitazioni)*

Prof. Riccardo Destro

*Fondamenti di cristallografia (5 ore)*

Tecniche strutturali - Elementi di cristallografia - Metodi diffrattometrici - Impacchettamenti compatti di atomi rigidi: esagonale e cubico compatto - Cavità tetraedriche ed ottaedriche - Classificazione delle strutture cristalline - Strutture ioniche: energia del reticolo cristallino secondo l'approccio di Born e Madelung - Il ciclo di Born-Haber - Equazioni semiempiriche.

*Densità elettronica. (15 ore)*

Il ruolo della densità di carica nello studio dei sistemi chimici - Sua determinazione sperimentale da dati di diffrazione di raggi X - Necessità della bassa temperatura soprattutto nel caso di cristalli molecolari organici - Aspetti strumentali: diffrattometri e criostati - Misura ed elaborazione dei dati - Modelli multipolari: il formalismo di Hansen-Coppens e quello di Stewart - Proprietà elettrostatiche derivabili da dati di diffrazione, con particolare riferimento a: Laplaciano della densità elettronica, momento dipolare, potenziale elettrostatico, forze di interazione elettrostatica.

*Approccio teorico alla densità elettronica (10 ore)*

Definizioni - Panoramica dei metodi *ab initio* - Cenni ai metodi semiempirici ed ai metodi di campi di forza - Principio variazionale, metodo di Hartree-Fock, metodi correlati - Calcolo della densità elettronica per un solido cristallino: modello a cluster e modello periodico - Determinazione delle cariche atomiche - Procedure e problemi di partizionamento della densità elettronica - L'analisi topologica secondo la teoria quantistica degli atomi nelle molecole (QTAM) di Bader.

*Forze intermolecolari (10 ore)*

Contributi a lungo ed a corto raggio - Interazione elettrostatica: espressione dei termini carica-carica, carica-dipolo e dipolo-dipolo - Interazione di induzione: espressione del termine dipolo-dipolo indotto - Interazione di dispersione: formula di London - Contributi energetici dell'interazione a ponte di idrogeno - Influenza delle forze intermolecolari sull'impacchettamento delle molecole nei cristalli - Metodi computazionali per lo studio delle forze intermolecolari - Legame ad idrogeno: caratteristiche fondamentali ed esempi.

*Esercitazioni (16 ore)*

Calcoli su molecole isolate e su molecole in intorni di cariche puntuali - Utilizzazione del sistema di programmi VALRAY, con elaborazione di dati sperimentali misurati a 20 K - Confronto tra le densità elettroniche sperimentali e quelle provenienti da calcoli *ab initio*.

## **CHIMICA FISICA DEI SISTEMI DISPERSI E INTERFASI**

*Crediti didattici 6*

Prof.ssa Silvia Ardizzone

*Termodinamica di sistemi contenenti una interfase.*

Descrizioni convenzionali della regione interfase e grandezze termodinamiche relative. Adsorbimento. Equazione di adsorbimento di Gibbs. Isoterme di adsorbimento ed equazioni di stato bidimensionali di monostrati ideali e reali.

*Elettrificazione interfasale.*

Origine della elettrificazione e componenti della differenza di potenziale interfase. Potenziali di superficie e Volta: misure al contatto liquido-gas. Componenti ioniche del doppio strato; relazioni tra parametri elettrici e chimici: modelli di Gouy-Chapman, Stern-Grahame e molecolari. Componenti dell'energia libera di adsorbimento di specie elettrificate.

*Interfasi solido-gas.*

Caratterizzazioni di superfici solide. Spettroscopie in UHV. Tensione superficiale ed energia libera di solidi. Fisisorbimento: tipi di isoterme. Equazioni BET. Adsorbimento su solidi porosi. Equazioni di Kelvin. Termodinamica dell'adsorbimento solido/gas.

*Interfasi fluide.*

Equazioni di Young-Laplace e Kelvin. Misure di tensione superficiale e angolo di contatto. Energie di coesione ed adesione. Film fluidi di spandimento e adsorbimento. Sistemi colloidali liofili e liofobi di natura fluida (soluzioni micellari, emulsioni, microemulsioni, schiume).

*Interfasi solido-liquido.*

Tensione superficiale critica e bagnabilità di superfici solide. Adsorbimento da miscele binarie di non elettroliti e da soluzioni elettrolitiche. Elettrificazione di interfasi metallo-soluzione e reversibili: accessibilità dei parametri elettrici/chimici e modelli classici e "ad hoc".

*Sistemi colloidali.*

Classificazione e stabilità termodinamica. Preparazione di sistemi ad elevata suddivisione. Proprietà ottiche e reologiche. Proprietà elettriche e metodi sperimentali per la determinazione dei parametri relativi alle diverse regioni del doppio strato elettrico.

*Stabilità di sospensioni liofobe.*

Tipi di interazioni tra particelle. Teoria DLVO. Aspetti cinetici.

Testi consigliati

- R. Aveyard and D.A. Haydon, *An Introduction to the Principles of Surface Chemistry*, Cambridge University Press, 1973.
- A. W. Adamson, *Physical Chemistry of Surfaces*, 5th Ed., John Wiley & Sons, 1988.
- J. Lyklema, *Fundamentals of Interface and Colloid Science*, Academic Press, 1991.

## CHIMICA FISICA DELLO STATO SOLIDO E DELLE SUPERFICI

Crediti didattici 6

Dott. Marco Scavini

### I. *Struttura e difetti nei solidi*

Richiami di simmetria nei solidi. Strutture cristalline ed amorfe.

Tecniche sperimentali: diffrazione di polveri e di cristallo singolo, EXAFS. Sorgenti di luce di sincrotrone e di neutroni.

Classificazione dei difetti puntuali. Difetti in metalli, semiconduttori e composti. Diffusione nei solidi e conducibilità ionica. Difetti estesi.

Misure di trasporto: conducibilità in corrente continua e spettroscopia di impedenza.

### II. *Elettroni nei solidi*

Modelli di Drude e di Sommerfeld. Teorema di Bloch: approssimazione Tight Binding; approssimazione di "elettroni quasi liberi". Struttura a Bande e densità degli stati. Metodi spettroscopici (PES e XANES).

Effetti di repulsione elettronica: modello di Hubbard. Distorsioni del reticolo governate dalla struttura elettronica nei solidi a bassa dimensionalità.

I Polaroni. Localizzazione tipo Anderson. Superconduttività: il fenomeno, la teoria BCS.

### III. *Magnetismo nei solidi*

Introduzione: il momento magnetico. Momenti magnetici isolati. Interazioni di scambio e di dipolo magnetico.

Ferromagnetismo, antiferromagnetismo, ferrimagnetismo. Ordine e rottura di simmetria: eccitazioni e domini. Competizione tra interazioni: frustrazione, spin glasses, magneti monodimensionali, magnetoresistenza

## CHIMICA TEORICA

Crediti didattici 6

Prof. Gian Franco Tantardini - Dottor Rocco Martinazzo

Introduzione: richiami di algebra lineare, funzioni ortogonali, operatori e autofunzioni, metodo variazionale.

Funzioni d'onda di sistemi a molti elettroni: il problema elettronico, orbitali, determinanti di Slater, funzioni di base, operatori ed elementi di matrice, configurazioni spin-adapted.

Approssimazione Hartree-Fock: equazioni H-F e interpretazione delle soluzioni, equazioni di Roothaan, basis set poliatomici, alcuni esempi illustrativi, unrestricted H-F per open-shell.

Metodo CI: funzioni d'onda multiconfigurazionali, matrice full CI, CI con doppiamente eccitate, alcuni esempi illustrativi, matrice densità ridotta e orbitali naturali, CI troncato e size-consistency, metodi MC-SCF e GBV.

Teoria del funzionale densità: teoremi di Hohenberg-Kohn, equazioni di Kohn-Sham, funzionali densità, approssimazione LDA, correzioni al gradiente, pseudopotenziali, esempi di applicazione del metodo DFT.

Molecolarità dei processi dinamici: introduzione alla molecolarità, processi adiabatici, dinamica classica e quantistica, processi chimici stato-a-stato, processi non adiabatici.

### Testi di consultazione:

- A. Szabo, N.S. *Ostlund Modern Quantum Chemistry (Introduction to Advanced Electronic Structure Theory)*, Dover Pub. Inc., 1996

## ELETTROCHIMICA (ORGANICA)

Crediti didattici 6

Prof. Paolo Longhi

Sistemi elettrochimici. Potenziali di ossido-riduzione; potenziale reversibile e potenziale standard; scale di potenziale in solventi diversi.

La regione interfase: trasferimento elettronico all'interfase elettrodo-soluzione e sua cinetica; fenomeni di adsorbimento. Step successivi elettrochimici e chimici e loro combinazioni nei processi ossidativi e riduttivi di substrati organici.

Trasferimento di massa e cinetica delle reazioni elettrochimiche sotto controllo di trasporto di materia.

Metodi per lo studio delle reazioni elettro-organiche: polarografia, voltammetria ciclica, cronopotenziometria, cronoamperometria; l'elettrodo a disco rotante ed a disco e anello.

Aspetti meccanicistici delle reazioni catodiche e anodiche su substrati organici. Schemi per la rottura o formazione elettrochimica di legami tra atomi di C, H, O, N, S, alogeni in composti organici. Comportamento elettrochimico di classi rappresentative di composti organici.

Celle di elettrolisi per lo studio dei processi elettro-organici e per la preparativa su scala di laboratorio. Scelta del materiale elettrodo, del solvente dell'elettrolito di supporto. Elettrodi di riferimento di uso pratico.

Cenni di reattoristica per i processi elettro-organici industriali: elettrodi mono- e bipolari, bi- e tridimensionali; i tipi di celle industriali impiegabili per processi elettro-organici, rendimento di corrente e resa di reazione, bilancio energetico della cella;



separazione dei prodotti e riciclo dei reagenti. Criteri di scelta tra metodi elettrochimici e metodi tradizionali di chimica organica per l'ottenimento di un prodotto.

Processi elettro-organici di interesse industriale: sintesi dell'adiponitrile dell'ac. sebacico, di composti perfluorurati.

Polimerizzazione elettrochimica sull'elettrodo; polimeri conduttori ed elettrodi modificati chimicamente.

#### Testi di consultazione:

- "Organic Electrochemistry; an introduction and a guide". H. Lund and M.M. Baizer eds., M. Dekker, 1991.
- D. Pletcher, F.C. Walsh: "Industrial Electrochemistry" (cap. 6), Chapman and Hill, 1990

### **FOTOCHIMICA**

Crediti didattici 6

Prof.ssa Elena Selli

- *Introduzione* (6 ore) - Reazioni termiche e fotochimiche. La natura della luce. Stati elettronici di molecole poliatomiche.
- *Produzione e proprietà di stati eccitati* (6 ore) - Assorbimento di luce. Tempi di vita, proprietà geometriche e acido-base di stati eccitati. Energie degli stati eccitati, effetto del solvente.
- *Cammini di decadimento di stati eccitati* (14 ore) - Rilassamento vibrazionale, transizioni radiative e non radiative. Cinetica di spegnimento di stati eccitati, eccimeri e ecciplessi. Rese quantiche, cinetica e meccanismi di reazioni fotochimiche.
- *Tecniche sperimentali* (6 ore) - Sorgenti di luce convenzionali, attinometria. Lasers. Spettroscopia di luminescenza. Tecniche pulsate: laser flash photolysis, luminescenza risolta nel tempo.
- *Processi fotochimici in natura* (4 ore) - Fotosintesi. Processo visivo. Reazioni fotochimiche nell'atmosfera e nell'inquinamento dell'aria.
- *Fotochimica di polimeri* (4 ore) - Meccanismi di fotopolimerizzazione e fotoreticolazione. Fotoiniziatori. Fotoinnesto di monomeri per la modifica superficiale di polimeri. Fotodegradazione e fotostabilizzazione di polimeri.
- *Fotocatalisi* (4 ore) - Processi fotoelettrochimici su semiconduttori, aspetti termodinamici e cinetici. La fotocatalisi nella conversione di energia solare e nella degradazione di inquinanti.
- *Altre applicazioni* (4 ore) - Fotocromismo. Sintesi fotochimiche. Il processo fotografico.

#### Testi consigliati:

- A. Gilbert, J. Baggott, *Essentials of Molecular Photochemistry*, Blackwell, 1991
- R.P. Wain, *Principles and Applications of Photochemistry*, Oxford Science Publications, 1988
- M. Klessinger, J. Michl, *Excited States and Photochemistry of Organic Molecules*, VCH, 1995

### **CHIMICA BIOINORGANICA**

Crediti didattici 6

I modulo: prof. Michele Gullotti - II modulo: prof.ssa Tiziana Beringhelli

Il corso è sostanzialmente diviso in due parti: ad una parte generale sulle proprietà e reattività dei composti di coordinazione, soprattutto in relazione ai leganti e altre molecole di interesse biologico e sulle tecniche utilizzate per caratterizzare i siti metallici nei sistemi biologici, segue una seconda parte descrittiva in cui si evidenziano le relazioni tra struttura e funzioni di sistemi in cui i metalli hanno un ruolo determinante, in particolare i metalloenzimi e le metalloproteine.

#### *Gli elementi essenziali in biologia.*

I complessi metallici con amminoacidi, peptidi, proteine e altri chelanti naturali (nucleosidi e nucleotidi) e richiami sulle loro proprietà spettrali e magnetiche utilizzando tecniche spettroscopiche quali: risonanza magnetica nucleare per i sistemi paramagnetici, risonanza di spin elettronico, dicroismo circolare, spettroscopia Raman.

Coordinazione e attivazione dell'ossigeno, dell'azoto, dell'ossido di carbonio e di altre piccole molecole di interesse biologico.

#### *I metalloenzimi: classificazione.*

Porfirine e metalloporfirine: sintesi e proprietà spettroscopiche.

Le emoproteine: classificazione, struttura e funzioni. Emoglobina e mioglobina, citocromi b e c, citocromo c ossidasi, citocromo P-450, perossidasi e catalasi. Le ferroproteine non eminiche: ferritina, transferrina, fosfatasi acide, emeritina, proteine ferro-zolfo, nitrogenasi, ferro diossigenasi, ribonucleotide riduttasi, metano monossigenasi, lipossigenasi.

Le rameproteine: trasportatori di elettroni, emocianina, ritosinasi, superossido dismutasi, rame ossigenasi, rame ossidasi, dopamina- $\beta$ -idrossilasi, rame nitrito riduttasi.

Proteine ed enzimi contenenti zinco.

La vitamina B<sub>12</sub> e i sistemi corrinoidi.

Cenni all'uso dei complessi metallici in farmacologia.

## STEREOCHIMICA INORGANICA

Crediti didattici 6

Dott. Pierluigi Mercandelli

La chimica dei complessi dei metalli di transizione e delle specie organometalliche può essere studiata con successo impiegando metodi computazionali. Il corso si propone di presentare alcune di queste tecniche, soprattutto attraverso l'analisi di esempi particolarmente significativi. Verranno inoltre discusse le relazioni tra la struttura e le proprietà chimico-fisiche (reattività, proprietà spettroscopiche) delle specie prese in esame. Lo studente acquisirà le competenze necessarie per impostare l'esecuzione dei calcoli e per fornire una prima interpretazione dei risultati.

- Meccanica Molecolare: descrizione dei sistemi inorganici e organometallici; applicazioni all'analisi conformazionale; quantificazione degli effetti sterici dei leganti; applicazioni al design di catalizzatori omogenei.
- Metodi Quantomeccanici. Modelli qualitativi: costruzione degli orbitali molecolari a partire da frammenti; orbitali molecolari di frontiera e reattività; analogia isolobale.
- Metodi Quantomeccanici. Modelli basati sul funzionale della densità: accuratezza del metodo applicato a molecole inorganiche e organometalliche; calcolo della geometria ottimizzata, delle proprietà spettroscopiche e termodinamiche, degli indici di reattività; descrizione del legame metallo-legante: metodi basati sull'analisi degli orbitali, sulla distribuzione della densità elettronica e sulla decomposizione dell'energia.

### Lecture consigliate:

- P. Comba & T.W. Hambley, *Molecular Modelling of Inorganic Compounds*, VCH (1995).
- T.R. Cundari, *Computational Organometallic Chemistry*, Dekker (2001).

## CHIMICA INORGANICA (APPLICAZIONI)

Crediti didattici 6

Dott. Alessandro Caselli

- 1) Introduzione.
- 2) Classificazione dei complessi organometallici.
- 3) Energia, polarità e reattività del legame M-C.
- 4) Composti organometallici del "main group": metodi di preparazione, caratterizzazione, struttura e reattività.
- 5) Complessi organometallici dei metalli di transizione.
- 6) Composti di organorame.
- 7) Metallo-alchili e metallo-arili: sintesi e applicazioni.
- 8) Complessi olefinici e allilici.
- 9) Metallo alchilideni e alchilidini: reazioni di metatesi e di polimerizzazione.
- 10) Applicazioni alle sintesi organiche: riduzione, ossidazione e controllo della stereochimica, protezione e deprotezione, eliminazione riduttiva, reazioni di accoppiamento, reazioni di inserzione, attacco nucleofilo su di un legante e reazioni dei metallo carbeni.

### Testi consigliati

- Ch. Elschenbroic, A. Salzer, *Organometallics, a Concise Introduction*, 2nd. Edition, VCH, Weinheim, 1992.
- R. H. Crabtree, *The Organometallic Chemistry of the Transition Metals*, 3rd Edition, John Wiley and Sons, New York, 2000.
- Parte del materiale didattico verrà fornito dal docente.

## CHIMICA INORGANICA (COMPLEMENTI)

Crediti didattici 6 (48 ore)

Prof. Luigi Garlaschelli

Il corso prenderà in esame uno degli aspetti della chimica organometallica che in questi ultimi anni ha avuto un grande sviluppo cioè la scoperta e l'evoluzione della chimica organometallica dei cluster molecolari. Il corso dovrebbe essere di particolare interesse per tutti gli studenti dell'indirizzo di chimica inorganica. Nel corso verranno discussi cluster molecolari carbonilici, cluster molecolari contenente metalli di transizione e zolfo (cubani), cluster dei metalli di transizione contenente alogeni e fosfine terziarie e cluster nudi.

Per le diverse categorie di cluster verranno trattati i seguenti argomenti:

- a) aspetti strutturali e di legame; (1 CFU, 8 ore)
- b) sistematica di sintesi; (1 CFU, 8 ore)
- c) reazioni di sostituzione dei leganti; (1 CFU, 8 ore)

- d) riarrangiamento del poliedro dei metalli; (1 CFU, 4 ore)
- e) reazioni di frammentazioni; (0,5 CFU, 4 ore)
- f) cluster come catalizzatori o precursori catalitici per reazioni di catalisi in fase omogenea (1 CFU, 4 ore).
- Parte del corso verrà dedicato ad una ricerca bibliografica su un argomento di interesse per lo studente. (0,5 CFU, 4 ore)
- Parte del materiale didattico verrà fornito dal docente.

#### Libri consigliati

- *The Chemistry of Metal Cluster Complexes*. D.F. Shriver, H.D. Kaesz, R.D. Adams. VCH.
- *Introduction to Cluster Chemistry*. D.M.P. Mingos, D.J. Wales. Prentice Hall.
- *Inorganometallic Chemistry*. T.P. Fehlner, Plenum.
- *Principles of Descriptive Inorganic Chemistry*. G. Wulfsberg; Brooks Cole.
- *Transition Metal Carbonyl Cluster Chemistry*. J. Dysin, J. Scott McIndoe; Gordon and Breach Science Publisher.

### **CHIMICA INORGANICA (CRISTALLOCHIMICA) I e II modulo**

Crediti didattici 6 (3 + 3 CFU)

I modulo: Prof.ssa Mirella Sansoni - II modulo: prof. Davide Proserpio

Gli argomenti trattati in questo corso sono un approfondimento di argomenti accennati nel corso di Strutturistica Chimica, di cui si consiglia peraltro la precedenza.

#### ***I modulo: Diffrazione a polveri.***

- a) Analisi qualitativa e uso del PDF.
- b) Analisi quantitativa: metodo dello Standard Interno (SI) e metodo del Rapporto delle Intensità di Riferimento (RIR).
- c) Fitting del profilo: "pulizia" dei dati raccolti ed eliminazione del rumore di fondo. Estrazione di tutte le informazioni contenute in un picco mediante metodi di convoluzione.
- d) Metodo di affinamento Rietveld e suoi vantaggi. Esempi di affinamento e di risoluzione col metodo Rietveld..

#### ***II modulo: Topologia delle strutture cristalline..***

- Analisi della complessità delle strutture cristalline: impaccamenti di sfere e di oggetti 1, 2, 3-dimensionali.
- Classificazione topologica di reticoli 2D e 3D: simboli di Schlafli e notazioni più recenti
- Intrecci di motivi 1D, 2D e 3D nello stato solido : catenazione, interdigitazione, interpenetrazione e intrecci borromiani.
- Isomeri supramolecolari in sistemi estesi
- Relazione fra la topologia del'intreccio con la natura del centro metallico, le dimensioni e flessibilità dei leganti, le dimensioni e capacità coordinative dei controioni, la presenza di molecole ospiti.
- Analisi topologica di alcune strutture mediante l'uso di opportuni programmi (TOPOS, PLATON, Schakal).

#### Testi consigliati

- J.I.Langford, D.Louer, Powder Diffraction, Rep. Prog. Phys. 59 (1996) 131-234
- D.L.Bisch, J.E.Post, Modern Powder Diffraction, Reviews in Mineralogy, vol.20 (1989), Mineralogy Society of America, Washington.

### **CHIMICA INORGANICA (REATTIVITÀ DEI COMPOSTI METALLORGANICI)**

Crediti didattici 6

Prof.ssa Francesca Porta

#### ***1. Complessi idrurici e di H<sub>2</sub>.***

Preparazione di idruro e diidrogeno complessi (somma ossidativa di H<sub>2</sub>, HX, Si-H, C-H di alcani e areni, protonazione, a, b, g eliminazioni)

Reattività: eliminazioni riduttive, inserzioni di leganti; trasferimenti di H<sup>+</sup>, H e H<sup>-</sup> e reazioni di inserzione migratoria di alcheni e alchini. Idrogenazioni catalitiche omogenee.

#### ***2. Complessi metallici con CO<sub>2</sub>.***

Preparazione. Reazioni di inserzione. Reazioni catalitiche di co-oligomerizzazione.

#### ***3. Complessi metallici con O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ROOH***

Reagente di Fenton. Complessi cobalto-diossigeno e attività catalitica nelle reazioni di ossidazione di substrati organici. Complessi porfirinici di Fe(III) e Mn(III) e reazioni catalitiche di epossidazione e di idrossilazione. Complessi metallo-perossidici nucleofili ed elettrofili. Peracidi inorganici e reazioni catalitiche. Sistemi catalitici a base di idroperossidi organici e complessi metallici; epossidazioni regio, stereo ed enantioselective; epossidazione di Sharpless di alcoli allilici.

4. *Complessi del diazoto*

Preparazione. Reattività: protonazione e riduzione.

5. *Complessi metallici di C-nitroso derivati*

Preparazioni. Proprietà spettroscopiche. Reattività catalitica.

6. *Complessi di metalli di transizione di nitro derivati organici.*

Complessi a legami multipli metallo-azoto: nitruro, nitreni, isocianato, immino complessi. Applicazioni in catalisi omogenea.

## **CHIMICA METALLORGANICA (CATALISI OMOGENEA)**

*Crediti didattici 6*

Prof. Fabio Ragaini

Processi industriali e di laboratorio per la sintesi di prodotti chimici (fine chemicals e prodotti di base), che utilizzino complessi di metalli di transizione come catalizzatori in fase omogenea, con particolare attenzione ai processi industriali e alle reazioni enantioselettive.

Isomerizzazione delle olefine e loro polimerizzazione; idrogenazione (anche asimmetrica) di olefine, chetoni e immine; idrocianazione e idrosililazione (anche asimmetrica) di olefine; reazioni di alchini; carbonilazione di alogenuri organici; carbonilazione del metanolo ad acido acetico, anidride acetica e vinyl acetato; reazioni di idroformilazione; reazioni di carbosilazione di olefine; reazioni di metatesi di olefine; ciclopropanazioni; copolimerizzazione CO-olefine; sintesi di dimetilcarbonato e dimetilossalato; carbonilazione riduttiva di nitroareni; cenni di reattività organometallica di lantanidi e attinidi.

Testo consigliato:

- Parshall e Ittel, *Homogeneous Catalysis*, 2<sup>a</sup> Ed., Academic Press, 1992.

## **CHIMICA DELLO STATO SOLIDO**

*Crediti didattici 6*

Prof. Gianfranco Ciani

- *Introduzione.*

Tipi di solidi. Stato cristallino. Richiami di cristallografia: cella elementare, sistemi cristallini, reticoli di Bravais, piani e indici di Miller, simmetria cristallina, gruppi spaziali.

*Chimica strutturale dei solidi inorganici.*

Impacchettamenti di sfere e materiali close-packed (metalli, leghe, strutture ioniche). Networks covalenti. Strutture molecolari. Poliedri space-filling. Importanti tipi strutturali di riferimento. Perovskiti. Bronzi al tungsteno. Spinelli. Strutture di silicati e alluminosilicati. Fasi intermetalliche.

- *Legame nei solidi e struttura elettronica.*

Modelli di legame nei solidi. Legame ionico e strutture ioniche. Energia reticolare. Diagrammi Mooser-Pearson. Elettroni *d* e campo cristallino. CFSE e preferenze di sito. Elettroni nei solidi metallici. Livello di Fermi e energia di Fermi. Zone di Brillouin. Il solido come una molecola gigante e il modello a bande. Distorsioni di Pejerls. Struttura a bande nei metalli e composti intermetallici.

- *Cenni ai difetti cristallini e ai composti non-stechiometrici.*

- *Proprietà elettriche, magnetiche e ottiche.*

Relazioni struttura-proprietà. Proprietà elettriche. Conduttività metallica. Metalli organici. Superconduzione. Semiconduzione. Conduttività ionica. Materiali dielettrici. Ferroelettricità, piroelettricità, piezoelettricità. Proprietà magnetiche. Magnetismo cooperativo. Ferro- e antiferromagnetismo. Proprietà ottiche. Luminescenza, laser.

- *Composti di intercalazione e zeolitici.*

Strutture di importanti classi di composti a strati. Reazioni di intercalazione. Zeoliti: struttura e composizione. Cavità e canali. Preparazione. Caratterizzazione strutturale. Applicazioni: scambio ionico, catalisi, setacci molecolari.

- *Metodi di sintesi e design di materiali.*

Cenni ai metodi di sintesi mirata di materiali solidi funzionali. Crescita di cristalli singoli. Sintesi di materiali policristallini.

Testi consigliati:

- L. Smart e E. Moore, *Solid state chemistry-An introduction*. Champman & Hall.
- A. R. West, *Basic solid state chemistry*, 2<sup>o</sup> Edition, Wiley.

## **METODOLOGIE AVANZATE DI SINTESI ORGANICA**

*Crediti didattici 6 (ore totali 48)*

- Modulo A (CFU 3): Prof. Carlo Scolastico
- Modulo B (CFU 3): Prof. Cesare Gennari

### Modulo A (CFU 3; ore 24)

- interconversione di gruppi funzionali attraverso reazioni di sostituzione nucleofila (conversione degli alcoli in agenti alchilanti; introduzione di gruppi funzionali attraverso reazioni di sostituzione nucleofila al carbonio saturo; rottura nucleofila del legame carbonio-ossigeno negli eteri e negli esteri; interconversione dei derivati degli acidi carbossilici; problemi).
- alchilazione di carboni nucleofili. Enolati, enammine (generazione dei carbanioni per deprotonazione; regioselettività e stereoselettività della formazione degli enolati; alchilazione degli enolati; generazione ed alchilazione dei dianioni; effetto solvente nella alchilazione degli enolati; alchilazione al carbonio e all'ossigeno; alchilazione di aldeidi esteri, ammidi e nitrili; gli analoghi azotati degli enoli e degli enolati: enammine ed anioni delle immine; alchilazione di nucleofili al carbonio attraverso reazioni di addizione coniugata; problemi).

### Modulo B (CFU 3; ore 24)

- reazioni di nucleofili al carbonio con gruppi carbonilici (le reazioni di addizione aldolica e condensazione aldolica; studio del meccanismo; le condensazioni aldoliche miste con aldeidi aromatiche; controllo della regiochimica e della stereochimica delle reazioni aldoliche miste di aldeidi e chetoni alifatici; reazioni aldoliche intramolecolari ed anellazione di Robinson; reazioni di addizione ad immine e a ioni imminio; la reazione di Mannich; le reazioni di condensazione catalizzate dalle ammine; le reazioni di acilazione dei carbanioni; la reazione di Wittig e reazioni correlate; reazioni di composti carbonilici con carbanioni alfa-trimetilsilil; ilidi dello zolfo e nucleofili correlati; la reazione di Darzens; problemi)

### Libro consigliato:

- F. Carey, R. Sundberg, *Advanced Organic Chemistry, IV Edition, Part B*, Kluwer Academic/Plenum Publishers 2001.

## **CHIMICA BIOORGANICA**

*Crediti didattici 6*

Prof.ssa Giovanna Speranza

- Classificazione degli enzimi secondo le regole IUB (International Union of Biochemistry).
- Livelli strutturali della molecola proteica. Il sito attivo dell'enzima.
- Cenni di cinetica enzimatica.
- I vari aspetti della catalisi enzimatica : catalisi acida e basica generale, elettrofila e nucleofila; effetto di prossimità; strain, distorsione e cambiamenti conformazionali. Studi in vitro mediante sistemi modello.
- Coenzimi. Ruolo di ATP, NAD(P), FAD, FMN, piridossal fosfato, biotina, tiamina pirofosfato, coenzima B12 nella catalisi enzimatica.
- Meccanismi delle più comuni reazioni enzimatiche : reazioni di ossidazione, riduzione, carbossilazione, decarbossilazione, idrolisi di ammidi e esteri.
- Uso degli enzimi in sintesi organica : idrolasi, deidrogenasi, aldolasi.

### Testi consigliati

- R.B. Silverman, *Organic Chemistry of Enzyme-Catalyzed Reactions*, Academic Press, Orlando, 1999.
- K. Faber, *Biotransformations in Organic Chemistry : A Textbook*, Springer-Verlag, New York, 2000.

## **CHIMICA DEI COMPOSTI ORGANOMETALLICI**

*Crediti didattici 6*

I modulo: prof.ssa Fulvia Orsini - II modulo: prof.ssa Paola Del Buttero

Scopo del corso e' di approfondire lo studio delle strutture e dei meccanismi che regolano l'utilizzo in sintesi organica di derivati organometallici sia della serie principale che di quella di transizione. Gli argomenti trattati sono:

- Introduzione e cenni storici.
- Struttura, natura del legame e tipi di reazioni organometalliche.

- Complessi di metalli della serie principale:
- Sintesi, caratterizzazione, utilizzo in sintesi organica
- Complessi di metalli di transizione:
- Tipi di leganti, sintesi e utilizzo dei complessi in sintesi organica.
- Applicazione dei composti organometallici alla sintesi di prodotti di base e di intermedi per l'industria farmaceutica.
- Cenni sulla chimica degli organolantanidi
- Applicazioni di composti organometallici in campo bio-medico.

In considerazione della rapida evoluzione della chimica organometallica, particolare attenzione sarà rivolta all'aggiornamento bibliografico.

*Agli studenti verrà fornito materiale didattico sotto forma di fotocopie di lucidi utilizzati per le lezioni.*

## **METODI FISICI AVANZATI IN CHIMICA ORGANICA**

*Crediti didattici 6 (5 CFU di lezione + 1 CFU di esercitazioni per un totale di 40 + 16 = 56 ore)*

Prof. Bruno Danieli

### Parte I. La Risonanza Magnetica Nucleare. 2.5 CFU di lezione frontale e 0.5 CFU di esercitazioni

#### *Tecniche pulsate in RMN. [1 CFU (8 ore)]*

- Equazione di Bloch per le magnetizzazioni  $M_x'$  e  $M_y'$  ed il passaggio da sistema ad onda continua a sistema pulsato. Il comportamento di un insieme di nuclei in un campo magnetico pulsato. Il rilassamento nucleare. La trasformata di Fourier. Elaborazione del segnale. Disaccoppiamento omo- e eteronucleare. Gated decoupling. Meccanismi di rilassamento. Misura di  $T_1$  e  $T_2$ . Significato strutturale dei tempi di rilassamento. Misura quantitative negli spettri  $^{13}C$ .

#### *Tecniche RMN multipulsate mono- e bidimensionali [1.5 CFU (12 ore)]*

- L'esperimento di spin echo eteronucleare ed omonucleare. Esperimento spin echo modulato. Innalzamento del segnale per trasferimento di polarizzazione (esperimenti SPI e INEPT). Esperimenti DEPT. Principi di Spettroscopia bidimensionale.
- Correlazione attraverso i legami chimici I: la correlazione di shift omonucleare ( $H,H$ -COSY), il transfer di coerenza, spettroscopia a gradienti, DQF-COSY, delayed COSY, relayed COSY, spettroscopia a correlazione totale (TOCSY). Esempi di applicazioni.
- Correlazione attraverso i legami chimici II: introduzione, sensibilità. Correlazione eteronucleare attraverso singolo legame ( $H,C$ -COSY) : HMQC e HMBC. Esempi di applicazioni.
- Spettroscopia J-resolved eteronucleare ed omonucleare.
- Correlazioni attraverso lo spazio: l'effetto nucleare Overhauser e l'esperimento NOESY. Strady- state NOESY, transient NOESY e rotating-frame NOESY. Esempi di applicazioni

*Esercitazione sulla interpretazione degli spettri RMN ad alta risoluzione come applicazione dei concetti esposti nel corso delle lezioni teoriche e come metodo di verifica dell'apprendimento. 0.5 CFU (8 ore)*

#### Testi consigliati:

- H. Friebolin, *Basic One- and Two-Dimensional NMR Spectroscopy*, VCM.
- T. FD. W. Claridge, *High-resolution NMR Techniques in Organic Chemistry*, Pergamon.
- G. Lesma e B. Danieli, *Guida alla interpretazione degli spettri di RMN: esercizi e problemi*. Dispensa CUSL, 1992.

### Parte II: La Spettrometria di Massa. 2.5 CFU di lezione frontale e 0.5 CFU di esercitazioni

#### *Aspetti strumentali della Spettrometria di Massa. [1 CFU (8 ore)]*

- Descrizione di uno strumento EI/E-B a geometria diretta e inversa. Moderni aspetti strumentali della MS: sorgenti FAB e FIB, thermospray, electrospray. Analizzatori a quadrupolo, MALDI-TOF. Analizzatore ICR-FTMS: principi e fondamentali differenze con gli strumenti a quantità di moto e dinamici. Determinazione della composizione isotopica di uno ione mediante peak-matching ed HR-MS. L'uso del calcolatore in MS: problemi di acquisizione, calibrazione, elaborazione degli spettri, ricerca su banche dati.

#### *Maggiori informazioni strutturali da ciascun ione: MS-MS. [0.5 CFU (4 ore)]*

- Ioni metastabili a decomposizione spontanea ed attivata. Esperimenti tandem-MS: B/E, B<sub>2</sub>/E, neutral loss, MIKE (per strumenti a geometria inversa). Tripli quadrupoli. Strumenti a configurazione ibrida. Collisioni ad alte e basse energie. Frammentazioni MS<sub>n</sub> su strumenti ICR-FTMS.

*Il processo di ionizzazione delle molecole e Teoria del Quasi Equilibrio (QET).[1 CFU, (8 ore)]*

- Ionizzazione adiabatica e verticale. La distribuzione dell'energia interna dello ione molecolare. Introduzione alla QET e assunzioni fondamentali. L'espressione della costante di velocità. Teoria QET modificata. Curve di logK contro E. Energia interna e vita media di uno ione in reazioni competitive di riarrangiamento e di semplice frammentazione. Distribuzione dell'energia interna tra i frammenti. Effetti cinetici. Effetti dei sostituenti nelle reazioni di frammentazione. Cenni sulle principali frammentazioni: s, a, i, rH e rG.

*Esercitazioni su strumenti MS VG 70-70 EQ-HF e su Bruker Daltonics FT-MS come applicazione dei concetti esposti nel corso delle lezioni teoriche e come metodo di verifica dell'apprendimento [0.5 CFU (8 ore)]*

Testi consigliati:

- J. R. Chapman, *Practical Organic Mass Spectrometry*, Wiley, London.
- M E. Rose and R. A. W. Johnstone, *Mass Spectroscopy for Chemists and Biochemists*, Cambridge University Press, Cambridge.
- E. De Hoffmann, J. Charette, V. Stroobant, *Mass Spectrometry. Principles and Applications*, Wiley Masson, London.

**CHIMICA ORGANICA (COMPLEMENTI)**

*Crediti didattici 6*

Prof. Stefano Maiorana

Corso mutuato da "Chimica Organica (applicata)" del Corso di laurea magistrale in Chimica Industriale e Gestionale

**STEREOCHIMICA ORGANICA**

*Crediti didattici 6*

Prof. Cozzi Franco

*Chiralità e stereogenicità (8 ore)*

Elementi di simmetria ed operazioni ad essi associate: determinazione della simmetria di una molecola; classificazione delle molecole e delle subunità molecolari in base alla simmetria; chiralità, prochiralità, chirotopicità; classi di prochiralità e desimmetrizzazioni.

Relazioni tra chiralità e stereogenicità; unità stereogeniche e prostereogeniche; classificazione degli stereoisomeri; descrittori di configurazione assoluta e relativa: paragone tra le varie nomenclature; descrittori di topicità.

*Metodi per l'ottenimento di prodotti stereoisomericamente arricchiti (12 ore)*

Manifestazioni fisiche della chiralità; caratteristiche dei racemi; racemizzazioni ed epimerizzazioni; risoluzioni spontanee e risoluzioni classiche; risoluzioni per inclusione e per cromatografia.

Classificazione delle sintesi stereoselettive con esempi pratici; discussione delle definizioni di: sintesi asimmetrica, induzione asimmetrica, stereospecificità, diastereo- ed enantioselezione. Riconoscimento enantiomerico e relazioni antipodali. Metodi per la valutazione della composizione stereoisomerica. Metodi per la determinazione della configurazione relativa ed assoluta.

*Sintesi stereoselettive e loro razionalizzazione (28 ore)*

La regola di Cram e la sua evoluzione come esempio di un modello di stereoselezione.

Esame di alcune classi di reazioni stereoselettive fondamentali con analisi del loro decorso stereochimico: alchilazioni e deracemizzazioni di enolati; condensazioni aldoliche via enolati ed acido-catalizzate; cicloaddizioni di Diels-Alder, etero Diels-Alder, ed 1,3-dipolari; epossidazioni; ossidrilazioni ed aminoossidrilazioni; reazioni di Michael; riarrangiamenti sigmatropici; altre sintesi stereoselettive promosse da complessi di metalli di transizione; doppia stereoselezione.

Testo consigliato:

- Eliel and Wilen, *Stereochemistry of Organic Compound*, Wiley Interscience, 1994.

**CHIMICA ORGANICA SUPERIORE**

*Crediti didattici 6*

Prof. Francesco Sannicolò

*Stereochimica statica*

Valutazione della simmetria degli oggetti. Operazioni e elementi di simmetria. Ordine degli elementi di simmetria. Gruppi puntuali. Simmetria molecolare e proprietà; Momento dipolare e quadrupolare; Enantiomorfismo; Attività ottica; Capacità di enantioselezione; Segmentazione di oggetti in subunità isometriche. Stereogenicità: elementi stereogenici rigidi. Simmetria

locale: Achirotopicità e Chirotopicità. Prochiralità, Classi di prochiralità. Le reazioni stereoselettive. Effetti non lineari nella catalisi asimmetrica.

#### *Stereochimica dinamica*

##### *Stereoisomerismo residuo*

Sistemi ad ingranaggio dinamico. Sistemi triarilboranici e triarilmetanici; bis-triptycilmetani e bis-triptycileteri. Trattazione teorica dei meccanismi possibili di stereomerizzazione. Dimostrazione sperimentale dei meccanismi di stereomerizzazione preferenziali. Sintesi, isolamento e caratterizzazione di Stereoisomeri residui. Stereoisomeri residui chirali e achirali: Diastereoisomeri ed Enantiomeri residui.

##### *Stereoisomerismo topologico*

Generalità. Relazioni tra Stereoisomerismo euclideo e stereoisomerismo topologico. Criteri di dissimmetria topologica. Cenni sui grafi molecolari: grafi K3,3 e K5. Legami topologici: sistemi a un circuito (nodi) e sistemi a circuiti multipli (catenani).

Strategie sintetiche di stereoisomeri topologici flessibili: sintesi statistiche, semistatistiche, template, attraverso strisce di Möbius. Sintesi significative di [2]- e [3]-catenani, di nodi a trifoglio e di strisce di Möbius. Caratterizzazione e proprietà di stereoisomeri topologici flessibili. Stereoisomeri topologici rigidi.

##### *Origini della omogeneità chirale in natura*

Teorie biotiche.

Teorie abiotiche:

###### a) meccanismi casuali

- modelli generali di rottura spontanea della simmetria
- modelli di rottura spontanea della simmetria nella cristallizzazione di racemi
- risoluzione spontanea totale di racemi
- reazioni controllate dal lattice in cristalli chirali
- adsorbimento enantioselectivo su quarzo e polimerizzazione su argille

###### b) meccanismi determinati

- violazione della parità
- ipotesi Vebster-Ulbricht (radionuclidi naturali; radioracemizzazione; decadimento beta e cristallizzazione)
- effetti diretti di radiazioni chirali (elettroni; protoni e muoni; positroni)
- violazione di parità e proprietà degli enantiomeri (interazioni deboli, correnti neutre e differenze di energia tra enantiomeri: enantiomeri veri e falsi)
- campi elettrici magnetici e gravitazionali
- luce circolarmente polarizzata (fotorisoluzione parziale di racemi; sintesi asimmetrica fotochimica; fotolisi asimmetrica; sorgenti naturali di luce circolarmente polarizzata)

##### *Chimica e applicazioni dei cristalli liquidi*

Struttura e proprietà dei cristalli liquidi.

Interazione fra campi elettrici e magnetici e cristalli liquidi.

Applicazioni dei cristalli liquidi: in sistemi visivi, memoria ottica, in spettroscopia, in sistemi di indagine stereochemica come amplificatori di chiralità.

## **MECCANISMI DELLE REAZIONI ORGANICHE**

*Crediti didattici 6*

Prof.ssa Paola Del Buttero

Lo scopo di questo corso si configura nello studio delle interdipendenze che sussistono fra reattività e meccanismi di reazione. In particolare, a partire dagli opportuni parametri cinetici e dal decorso stereochemico di una reazione, verranno esaminate le deduzioni che si possono ricavare a livello meccanicistico. Viceversa, noto il meccanismo di una reazione, verranno esaminate le previsioni che si possono fare in termini di reattività e stereoselettività. Il contenuto del corso si articola sui seguenti argomenti:

- Argomenti di cinetica chimica
- Teoria perturbativa ed HSAB
- Correlazioni struttura-reattività
- Effetto solvente
- Acidi e basi, elettrofili e nucleofili
- Effetto cinetico isotopico
- Catalisi omogenea



Ogni argomento trattato nel ciclo di lezioni teoriche è affiancato da esercitazioni volte ad esemplificarne il contenuto attraverso esempi di applicazione e/o problemi numerici.

### **NUOVI VETTORI ENERGETICI**

*Crediti didattici 3*

Prof. Giorgio Fiori

**Insegnamento disattivato dall'a.a. 2004-05**

- Fonti e vettori di energia.
- Termodinamica della conversione di energia: la macchina termica e il generatore elettrochimico.
- Tipi di generatori elettrochimici: pile, batterie e celle a combustibile.
- Produzione, trasporto, accumulo e distribuzione dell'idrogeno.

### **CHIMICA SUPRAMOLECOLARE, 1° MODULO: SINTESI**

*Crediti didattici 3*

Prof.ssa Francesca Porta

Il modulo è inteso a fornire allo studente i concetti basilari della chimica supramolecolare ed esempi di strategie da adottare nella sintesi dei composti.

Origini e concetti fondamentali della chimica supramolecolare. Eteri a corona, sferandi, criptandi, ciclodestrine, calixareni, cavitandi e carcerandi (classificazione ed aspetti sintetici). Tipi di interazioni supramolecolari. Interazioni donatore-accettore: assemblaggi molecolari (quadrati, catenani e rotaxani). Cenni sull'utilizzo in congegni molecolari e supramolecolari. Fili molecolari ed interruttori. Cenni su sensori. Catalisi. Self-assembly e self-organizzazione. Replicazione. Self-assembly attraverso la coordinazione di ioni metallici. Self-assembly attraverso legame d'idrogeno. Cristalli liquidi e polimeri supramolecolari. Arrangiamenti self-organizzativi di tensioattivi.

Testo consigliato:

J.-M. Lehn, *Supramolecular Chemistry*, VCH, Weinheim, 1995

### **CHIMICA SUPRAMOLECOLARE, 2° MODULO: APPLICAZIONI**

*Crediti didattici 3*

Dott.ssa Lucia Carlucci

- Concetti fondamentali. Interazioni deboli in solido e aspetti strutturali delle interazioni host-guest. Applicazioni dei composti host-guest fra i cationi metallici e eteri corona e criptandi.
- Composti clatrati inorganici (clatrati idrati, zeoliti, materiali a strati e intercalati, intercalati di grafite, composti di Hoffman e clatrati del Werner).
- Composti clatrati con Host organici (clatrati tipo urea). Complessi intracavità.
- Self-assembly e crystal engineering. Architetture supramolecolari di coordinazione: principi costruttivi, poligoni, gabbie e poliedri molecolari. Caratterizzazione e applicazioni di superstrutture molecolari a base metallica.
- Networks di coordinazione: elementi di classificazione topologica, classificazione in base al tipo di legante. Fenomeni di interpenetrazione e catenazione. Applicazioni e tecniche di caratterizzazione di proprietà host-guest dei polimeri di coordinazione (scambio ionico, assorbimento di gas e vapori).

*Esercitazione:*

- ricerca bibliografica su uno degli argomenti trattati durante il corso.

### **CHIMICA ORGANICA INDUSTRIALE**

*Crediti didattici 3*

Prof. Dario Landini

Corso parzialmente mutuato dal Corso di Laurea Magistrale in Chimica Industriale e Gestionale.

### **RISONANZE MAGNETICHE: APPLICAZIONI IN CHIMICA INORG. E METALLORG.**

*Crediti didattici 3*

Prof.ssa Tiziana Beringhelli

*Spettroscopia NMR.*

I nuclei NMR attivi nella tavola periodica: nuclei a spin  $\frac{1}{2}$  e quadrupolari; abbondanza isotopica, sensibilità.

I non metalli: deuterio-2; boro-11; fluoro-19; azoto-14/azoto-15; ossigeno-17; fosforo-31.

I metalli: argento-107/109; cadmio-113; rodio-103; platino-195.

Influenza di questi nuclei sugli spettri di  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$  (isotopomeri, satelliti). Shift di coordinazione. Correlazioni scalari e dipolari eteronucleari. Rilassamento. Non rigidità stereochimica.

*Specie paramagnetiche.*

Magnetismo e sua misura. Sistemi a spin  $1/2$ . NMR paramagnetico protonico. Spettri di risonanza di spin elettronico.

**ELENCO DOCENTI DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE**

<b>insegnamento</b>	<b>docente</b>
Chimica Fisica (A)	Mario Raimondi
Laboratorio di Chimica Fisica (A)	Emanuele Ortoleva
Chimica Fisica (B)	Gian Franco Tantardini
Laboratorio di Chimica Fisica (B)	Marco Scavini
Chimica Inorganica (A)	Alessandro Pasini
Laborat. di Chimica Inorganica (A)	Emma Gallo
Chimica Inorganica (B)	Angelo Sironi
Laborat. di Chimica Inorganica (B)	Angelo Sironi
Chimica Organica (A)	Giovanni Russo
Laboratorio di Chimica Organica (A)	Paola Del Buttero
Chimica Organica (B)	Carlo Scolastico
Laboratorio di Chimica Organica (B)	Anna Bernardi
Complementi di matematiche (1° modulo) (Insegnamento disattivato dall'a' 2004-2005)	Flavia De Tisi
Complementi di matematiche (2° modulo)	Alberto Alesina
Informatica	Anna Morpurgo
Chimica Farmaceutica	Paola Conti
Mineralogia	Corso mutuato dal Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura
Chimica Fisica (Cristallochimica)	Riccardo Destro
Chimica Fisica dei Sistemi Dispersi e Interfasi	Silvia Ardizzone
Chimica Fisica dello Stato Solido e delle Superfici	Marco Scavini
Chimica Teorica	Gian Franco Tantardini Rocco Martinazzo
Elettrochimica (Organica)	Paolo Longhi
Fotochimica	Elena Selli
Chimica Bioinorganica I, II e III modulo	Michele Gullotti Tiziana Beringhelli (mod. II e III)
Stereochimica Inorganica	Pierluigi Mercandelli
Chimica Inorganica (Applicazioni)	Alessandro Caselli
Chimica Inorganica (Complementi)	Luigi Garlaschelli
Chimica Inorganica (Cristallochimica)	Mirella Sansoni Davide Proserpio
Chimica Inorganica (Reattività dei composti metallorganici)	Francesca Porta
Chimica Metallorganica (Catalisi omogenea)	Fabio Ragaini
Chimica dello Stato Solido	Gianfranco Ciani
Metodologie avanzate di sintesi organica mod. A e B	Carlo Scolastico Cesare Gennari
Chimica Bioorganica	Giovanna Speranza
Chimica dei Composti Organometallici I e II mod.	Fulvia Orsini Paola Del Buttero
Metodi Fisici Avanzati in Chimica Organica	Bruno Danieli
Chimica Organica (complementi) (Corso mutuato da F73)	Stefano Maiorana
Chimica supramolecolare I e II mod.	Francesca Porta Lucia Carlucci



**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI**

## NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI

Il corso di laurea magistrale in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali (F84), appartenente alla classe delle lauree specialistiche in Scienze Chimiche (Classe 62/S), si svolge presso la Facoltà di Scienze MM. FF. NN. e ha la durata di due anni.

I laureati nel corso di laurea magistrale avranno una formazione intesa a:

- avere una solida preparazione culturale di base nei diversi settori della chimica, nei suoi aspetti teorici e sperimentali;
- avere una buona padronanza del metodo scientifico di indagine;
- avere una buona conoscenza di strumenti matematici ed informatici di supporto;
- fornire una ampia autonomia nell'ambito del lavoro, che permetta una elevata responsabilità di progetti e strutture;
- avere una buona conoscenza per la caratterizzazione spettroscopica e strutturale dei composti chimici, inclusi i materiali impiegati nei beni culturali;
- acquisire le metodologie analitiche necessarie per la valutazione dell'impatto ambientale sul territorio e le metodologie chimiche per la bonifica ambientale;
- acquisire conoscenze sul controllo di qualità e sulle applicazioni di materiali biodegradabili.

Tra le attività che i laureati magistrali svolgeranno si indicano in particolare: le attività di promozione e sviluppo dell'innovazione scientifica e tecnologica, nonché di gestione e progettazione delle tecnologie, e l'esercizio di funzioni di elevata responsabilità nei settori dell'industria, dell'ambiente, della sanità, dei beni culturali e della pubblica amministrazione.

### Accesso

Possono accedere al corso di laurea magistrale in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali, con riconoscimento integrale dei crediti formativi universitari acquisiti, i laureati in Chimica Applicata e Ambientale (Classe 21, classe delle lauree universitarie in Scienze e Tecnologie Chimiche) dell'Università degli Studi di Milano.

Possono anche accedervi, con riconoscimento eventualmente parziale dei crediti formativi (CFU), coloro che siano in possesso di un'altra laurea della classe 21, Scienze e Tecnologie Chimiche, oppure della classe 1, Biotecnologie, della classe 24, Scienze e Tecnologie Farmaceutiche o della classe 27, Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura, nonché coloro che siano in possesso di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto idoneo.

Per essere ammesso al corso di laurea magistrale il laureato deve possedere i seguenti requisiti curriculari:

- per quanto riguarda le attività formative di base, almeno un totale di 10 CFU nelle discipline degli ambiti matematico-informatico e fisico;
- per quanto riguarda le attività formative caratterizzanti, almeno 34 CFU complessivi.

La preparazione personale dei laureati sarà verificata, ai fini dell'ammissione al corso di laurea magistrale, mediante un colloquio a carattere multidisciplinare. **Tale colloquio si svolgerà alle ore 10 del 28 settembre 2005 presso l'aula G25 del Settore Didattico, via Golgi 19 - Milano.**

**L'iscrizione al colloquio dovrà essere fatta entro il 10 settembre 2005.**

Potranno accedere al colloquio di ammissione gli studenti in possesso del titolo di laurea triennale.

Potranno accedere al colloquio, con riserva, anche quegli studenti che, ragionevolmente, prevedono di conseguire la laurea triennale entro il 28 febbraio 2006. Peraltro, si sconsiglia l'iscrizione al colloquio a quegli studenti che, alla predetta data del 10 settembre 2005, debbano ancora acquisire più di 35 CFU derivanti da prove d'esame con voto per accedere alla prova finale.

L'esito negativo conseguito nella prova di verifica comporta la preclusione all'accesso al corso di laurea specialistica per l'anno accademico 2005/2006.

In caso di esito positivo del colloquio, l'iscrizione al corso di laurea specialistica dovrà essere fatta dal 17 al 21 ottobre 2005.

I laureati con carenza di crediti formativi rispetto alla laurea triennale in Chimica Applicata e Ambientale, se ammessi, dovranno acquisire le conoscenze mancanti in accordo con le finalità della laurea magistrale, rispettando le propedeuticità indicate dalla Commissione di accesso alla Laurea Magistrale. I CFU non riconosciuti rimarranno nella carriera dello studente e potranno essere utilizzati nel corso degli studi della Laurea Magistrale, su delibera del Consiglio di Coordinamento Didattico previo parere della Commissione Piani di Studio.

**ORGANIZZAZIONE DEL CORSO DI LAUREA.**

La durata del corso di laurea magistrale è di due anni.

Le attività formative saranno costituite da corsi di insegnamento, esercitazioni numeriche e di laboratorio, seminari, attività didattiche a piccoli gruppi, corsi liberi, partecipazione a seminari, conferenze, convegni, tirocinio/stage (svolto in strutture universitarie e/o all'esterno), attività di ricerca relative alla tesi di laurea, attività di ricerca bibliografica.

I corsi di insegnamento potranno essere organizzati per moduli.

L'apprendimento delle competenze e delle professionalità da parte degli studenti è computato in crediti formativi (CFU), corrispondenti a 25 ore di lavoro per lo studente.

La frazione dell'impegno orario complessivo riservata allo studio personale o alle altre attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico è così determinata:

nel caso di lezioni, 8 ore di insegnamento e 17 ore di studio personale;

nel caso di esercitazioni numeriche e di laboratorio, 16 ore di attività pratica e 9 ore di studio personale;

nel caso del lavoro di tirocinio e di tesi 21 ore di lavoro e 4 ore di studio personale.

Per conseguire la laurea magistrale lo studente deve avere acquisito 120 crediti.

**Attività formativa.**

Le attività formative nelle diverse aree scientifico-disciplinari, e i corrispondenti crediti (CFU), sono specificati nella tabella che segue.

Insegnamenti obbligatori	a) fondamentali:	- CHIM/06 (n° 11) (6 CFU) - CHIM/01 (n°12) (6 CFU)
	b) affini o integrativi:	- MAT/01-09 (7 CFU) - FIS/01-06 (6 CFU)
Insegnamenti opzionali	- CHIM/02 e/o CHIM/03 (21 CFU) - CHIM/06 (6 CFU) - CHIM/04 (3 CFU)	
Insegnamenti a scelta libera dello studente:	- 6 CFU	
Tirocinio	- 9 CFU	
Laboratorio di tesi magistrale e prova finale	- 50 CFU	

**Organizzazione didattica**

**PRIMO ANNO**

	<i>insegnamento</i>	<i>esame o prova</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>attività formativa</i>	<b>SSD</b>
<b>1° semestre</b>					
	Fondamenti di calcolo numerico	<1>	2	c	MAT/08
	Complementi di matematica *	<2>	5	c	MAT/05
	Metodologie analitiche per l'ambiente e il territorio	<3>	6	b	CHIM/01
	Caratterizzazione strutturale di composti organici	<4>	6	b	CHIM/06
	Fisica dell'atmosfera	<5>	6	c	FIS/06
	Un insegnamento dalla Tabella degli insegnamenti opzionali.	<6>	6	b	
<b>2° semestre</b>					
	Insegnamenti dalla Tabella degli insegnamenti opzionali per un totale di 24 CFU		24	b	
	Insegnamento a libera scelta		6	d	

\* in comune con il corso di laurea magistrale in Scienze Chimiche

**Gli insegnamenti scelti dalla Tabella degli insegnamenti opzionali dovranno essere compatibili con la distribuzione, nelle diverse aree scientifico-disciplinari, dei CFU più sopra indicati per la attività formativa. A tale scopo gli studenti si avvarranno dei suggerimenti della Commissione Piani di Studio.**

### SECONDO ANNO

	esame o prova	crediti (CFU)	attività formativa
Tirocinio		9	f
Laboratorio di tesi	<prova finale>	50	e

Il Tirocinio è rivolto all'apprendimento e/o approfondimento della conoscenza delle tecniche sperimentali che verranno utilizzate nel laboratorio di tesi. Lo studente deve:

- Presentare sull'apposito modulo domanda indicando l'argomento del tirocinio e il nome del tutor responsabile.
- Al termine del tirocinio compilare l'apposito modulo che, sottoscritto dal tutor responsabile, sarà consegnato alla Segreteria Didattica per l'acquisizione dei CFU.

Tutor per il tirocinio sono tutti coloro che possono svolgere la funzione di relatore di tesi.

### Studenti già iscritti al primo anno nell'a.a. 2003-2004

*Gli studenti già iscritti al 1° anno di corso nell'a.a. 2003-2004, secondo il precedente manifesto degli studi, nel corso del secondo anno dovranno completare il laboratorio di tesi per la acquisizione dei rimanenti 34 crediti (il numero totale di crediti per il laboratorio di tesi essendo pari a 50) e dovranno inoltre rispettare la seguente organizzazione didattica:*

### SECONDO ANNO

	Crediti (CFU)	attività formativa
<b>1° semestre</b>		
Insegnamenti dalla Tabella degli insegnamenti opzionali per un totale di 6 CFU	6	b
Insegnamento a libera scelta	6	d
<b>2° semestre</b>		
Insegnamenti dalla Tabella degli insegnamenti opzionali per un totale di 12CFU	12	b

**Gli studenti possono discostarsi dal curriculum previsto** e presentare un piano di studio individuale, nel rispetto delle norme del Regolamento Didattico della Facoltà di Scienze MM. FF. NN. Ogni piano di studio individuale verrà vagliato dalla Commissione piani di studio e sarà sottoposto al Consiglio di Coordinamento Didattico, che lo potrà approvare o respingere.

### Tabella degli insegnamenti opzionali

n.	insegnamenti	CFU	SSD	semestre
1	Tecnologie elettrochimiche di bonifica ambientale	3	CHIM/02	2°
2	L'idrogeno come vettore energetico	3	CHIM/02	2°
3	Chemiometria	3	CHIM/02	2°
4	Chimica supramolecolare, modulo: sintesi	3	CHIM/03	2°
5	Chimica supramolecolare, modulo: applicazioni	3	CHIM/03	2°
6	Chimica Organica Industriale	3	CHIM/04	2°
7	Risonanze magnetiche: applicazioni in chimica inorganica e	3	CHIM/03	2°



		metallorganica			
8		Chimica degli elementi e qualità della vita	3	CHIM/03	2°
9		Chimica Fisica dei Sistemi Dispersi e Interfasi *	6	CHIM/02	2°
10		Fotochimica *	6	CHIM/02	1°
11		Chimica Bioinorganica *	6	CHIM/03	1°
12		Chimica dello Stato Solido *	6	CHIM/03	2°
13		Chimica Bioorganica *	6	CHIM/06	1°
14		Stereochimica organica *	6	CHIM/06	1°

\* in comune con il corso di laurea magistrale in Scienze Chimiche



**PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI**

## PRIMO ANNO

### FONDAMENTI DI CALCOLO NUMERICO

Crediti didattici 2

Prof.ssa Flavia De Tisi

In attesa di programma

### COMPLEMENTI DI MATEMATICA \*

Crediti didattici 5

Insegnamento in comune con il Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche.

### METODOLOGIE ANALITICHE PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

Crediti didattici 6

Modulo A: dott.ssa Paola Fermo - Modulo B: dott.ssa Maria Grassi

#### Modulo A

- Introduzione: la chimica analitica e dell'ambiente, il ruolo e l'importanza delle analisi chimiche ambientali. La scelta del metodo analitico. Il campionamento ed il trattamento del campione. L'interpretazione dei dati analitici: applicazione della statistica al trattamento e alla valutazione dei dati.
- Applicazioni delle seguenti tecniche analitiche con particolare riferimento al monitoraggio dell'atmosfera ed alla determinazione di inquinanti a livelli di traccia ed ultra traccia.
- Tecniche spettroscopiche: determinazione dei metalli mediante AAS, ETAAS, ICP-OES, ICP-MS, XRF e PIXE. Metodi spettroscopici per il monitoraggio dell'aria.
- Tecniche cromatografiche: determinazione degli inquinanti organici mediante GC-MS, determinazione di cationi e anioni mediante cromatografia ionica.
- Metodi termici per l'analisi della frazione carboniosa all'interno di campioni di particolato atmosferico.

#### Modulo B

- La Speciazione: definizione ed approccio teorico sperimentale. Principali tecniche analitiche atte alla sua definizione: ASV, ultrafiltrazione, dialisi, elettroforesi etc.
- Gli indicatori biologici nel monitoraggio ambientale: biosensori, elettrodi a base enzimatica, test di tossicità etc.
- Misura di radiazioni ed utilizzo di radionuclidi (cenni).
- Caratteristiche ed analisi del suolo: granulometria, pH, contenuto di materiale organico, capacità di scambio cationico, contaminazione.
- Analisi dell'acqua: pH, durezza, COD, BOD, TOC, salinità, macro e micro elementi, principali contaminanti presenti di natura organica ed inorganica.

*Laboratorio: il corso sarà completato con alcune tra le seguenti esperienze di laboratorio:*

- Visita presso laboratori ARPA dove verrà in particolare illustrato il sistema di campionamento delle polveri.
- Analisi di un filtro di particolato: determinazione degli anioni con cromatografia ionica ed analisi della frazione carboniosa mediante metodi termici; esame delle polveri al microscopio elettronico.
- Analisi tramite ASV del contenuto di metalli pesanti in acqua reflua e/o sedimento.
- Analisi tramite cromatografia ionica degli anioni presenti in un'acqua di fiume.

Tra i possibili testi di riferimento si propongono: "Environmental Analytical Chemistry", Eds. F.W. Fifield, P.J.Haines, Blackie Academic Professional, oltre ai più tradizionali testi di Chimica Analitica e Analitica Strumentale. Data la specificità di alcune tematiche trattate, verranno inoltre forniti riferimenti bibliografici e/o dispense a cura dei docenti.

### CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE DI COMPOSTI ORGANICI

Crediti didattici 6

Prof.ssa Rita Annunziata

La Risonanza Magnetica Nucleare (NMR) e la Spettroscopia di Massa (MS) sono le più moderne tecniche spettroscopiche per l'analisi strutturale: le applicazioni e le novità tecniche più recenti vengono illustrate ed approfondite dando ampio spazio alla lettura ed interpretazione degli spettri relativi.

#### 1. La Risonanza Magnetica Nucleare (NMR) (4CFU)

- L' NMR e la tavola periodica: applicazioni della RMN a eteronuclei. Parametri spettrali. Correlazione tra costante d'accoppiamento  $J_{XH}$ , spostamento chimico e struttura.

*Esperimenti pulsati monodimensionali*

- Spin Echo, SPT, SPI, SEFT, Inept, Depti, Inadequate 1D. Effetto Overhauser (NOE). Spettroscopia dinamica (DNMR). Reagenti di shift

*La spettroscopia multidimensionale*

- Quando l' NMR diventa a più dimensioni: Spettroscopia di correlazione, J-Resolved e di scambio

2. La Spettrometria di Massa (MS) (2CFU)

*Tecniche sperimentali e strumentazione*

- Lo strumento: sistemi d'introduzione del campione, le sorgenti, gli analizzatori, i rivelatori, sistemi di acquisizione dati ed elaborazione degli spettri; viene data particolare attenzione alle tecniche più moderne.

*Lo spettro di massa e la frammentazione*

- Informazioni deducibili da uno spettro di massa. Fattori che influenzano la frammentazione degli ioni e la loro stabilità. Frammentazioni a più centri.

*Frammentazioni delle più comuni classi di composti organici*

Analisi sistematica dei più importanti gruppi funzionali: idrocarburi, alcoli e fenoli, composti carbonilici, acidi e derivati, amine, derivati aromatici.

**FISICA DELL'ATMOSFERA**

*Crediti didattici 6*

Corso mutuato dal Corso di Laurea Magistrale in Fisica

**TECNOLOGIE ELETTROCHIMICHE DI BONIFICA AMBIENTALE**

*Crediti didattici 3*

Prof.ssa Sandra Rondinini

*Sistemi elettrochimici:*

principi di cinetica elettrochimica ed elettrocatalisi, principi di disegno di cella, tipologie dei reattori elettrochimici

*Tecnologie elettrochimiche per il recupero dell'ambiente:*

processi di degradazione e rimozione di inquinanti, processi di recupero e trasformazione di materiali, processi elettrochimici innovativi. Fotoelettrochimica.

Materiale didattico e Testi Consigliati:

Durante il corso viene fornito il materiale didattico usato per le lezioni frontali, sotto forma di fotocopie o presentazioni al computer. Si suggeriscono inoltre, a titolo consultivo, i seguenti testi:

- *Modern Electrochemistry: Electrode Processes in Chemistry, Engineering, Biology, and Environmental Science* by John O'M Bockris, Amulya K. N. Reddy, J. O'M Bockris, Maria Gamboa-Aldeco, Plenum Press, 2000
- *Industrial Electrochemistry* by Derek Pletcher, Frank C. Walsh, Chapman and Hall, 1990

**L'IDROGENO COME VETTORE ENERGETICO**

*Crediti didattici 3*

Prof. Giorgio Fiori

- Fonti e vettori di energia.
- Gli idrocarburi fossili: disponibilità e impatto ambientale
- La cosiddetta "Hydrogen Economy"
- Termodinamica della conversione di energia: la macchina termica e il generatore elettrochimico
- I generatori elettrochimici: pile, accumulatori e celle a combustibile.
- Produzione, trasporto e distribuzione dell'idrogeno.

**CHEMIOMETRIA**

*Crediti didattici 3*

Prof. Maurizio Sironi

Introduzione alla Chemiometria: obiettivi, metodi, esempi di alcune applicazioni.

Problemi chimici descritti da molte variabili: trattamento dei dati. Il metodo dell'analisi delle componenti principali. Esempi e visualizzazioni grafiche.

Il problema della suddivisione dei dati in cluster: le principali tecniche di clustering analyses.

Metodi di regressione multilineare.

Le tecniche QSAR (relazioni quantitative struttura-attività). I principali descrittori molecolari. Importanza delle tecniche QSAR nei metodi di drug design

Cenni all'uso delle reti neurali per la risoluzione di alcuni problemi chimici

### **CHIMICA SUPRAMOLECOLARE, 1° MODULO: SINTESI**

*Crediti didattici 3*

Prof.ssa Francesca Porta

Il modulo è inteso a fornire allo studente i concetti basilari della chimica supramolecolare ed esempi di strategie da adottare nella sintesi dei composti.

Origini e concetti fondamentali della chimica supramolecolare. Eteri a corona, sferandi, criptandi, ciclodestrine, calixareni, cavitandi e carcerandi (classificazione ed aspetti sintetici). Tipi di interazioni supramolecolari. Interazioni donatore-accettore: assemblaggi molecolari (quadrati, catenani e rotaxani). Cenni sull'utilizzo in congegni molecolari e supramolecolari. Fili molecolari ed interruttori. Cenni su sensori. Catalisi. Self-assembly e self-organizzazione. Replicazione. Self-assembly attraverso la coordinazione di ioni metallici. Self-assembly attraverso legame d'idrogeno. Cristalli liquidi e polimeri supramolecolari. Arrangiamenti self-organizzativi di tensioattivi.

Testo consigliato:

J.-M. Lehn, *Supramolecular Chemistry*, VCH, Weinheim, 1995

### **CHIMICA SUPRAMOLECOLARE, 2° MODULO: APPLICAZIONI**

*Crediti didattici 3*

Dott.ssa Lucia Carlucci

- Concetti fondamentali. Interazioni deboli in solido e aspetti strutturali delle interazioni host-guest. Applicazioni dei composti host-guest fra i cationi metallici e eteri corona e criptandi.
- Composti clatrati inorganici (clatrati idrati, zeoliti, materiali a strati e intercalati, intercalati di grafite, composti di Hoffman e clatrati del Werner).
- Composti clatrati con Host organici (clatrati tipo urea). Complessi intracavità.
- Self-assembly e crystal engineering. Architetture supramolecolari di coordinazione: principi costruttivi, poligoni, gabbie e poliedri molecolari. Caratterizzazione e applicazioni di superstrutture molecolari a base metallica.
- Networks di coordinazione: elementi di classificazione topologica, classificazione in base al tipo di legante. Fenomeni di interpenetrazione e catenazione. Applicazioni e tecniche di caratterizzazione di proprietà host-guest dei polimeri di coordinazione (scambio ionico, assorbimento di gas e vapori).

*Esercitazione:*

- ricerca bibliografica su uno degli argomenti trattati durante il corso.

### **CHIMICA ORGANICA INDUSTRIALE**

*Crediti didattici 3*

Dott. Domenico Albanese

- Fonti di energia e materie prime per l'industria chimica: carbone, gas naturale e petrolio.
- Estrazione e distillazione del petrolio.
- Processi di conversione di idrocarburi: cracking, steam-cracking, reforming.
- Processi di desolfurazione: processo Claus e biodesolfurazione.
- Produzione di gas di sintesi e metanolo.
- Processo Fischer-Tropsch.
- Produzione di alchilbenzensolfonati.
- Idroformilazione.
- Processi di produzione di acido adipico.
- Prodotti e usi dei derivati dell'etilene: acetaldeide, ossido di etilene, cloruro di vinile.

### **RISONANZE MAGNETICHE: APPLICAZIONI IN CHIMICA INORGANICA E METALLORGANICA**

*Crediti didattici 3*

In attesa nomina docente e programma

### **CHIMICA DEGLI ELEMENTI E QUALITÀ DELLA VITA**

*Crediti didattici 3*

Prof. Alessandro Pasini

Verrà descritta la chimica di alcuni elementi in rapporto alle condizioni di vita dell'uomo. Per ogni elemento discusso verranno analizzati: chimica di base, applicazioni pratiche, applicazioni industriali, eventuali possibili alternative, aspetti tossici o benefici, eventuali usi in campo biomedico.

Gli elementi che verranno discussi sono:

- Idrogeno
- Litio
- Alluminio
- Selenio
- Rodio
- Platino

### **CHIMICA FISICA DEI SISTEMI DISPERSI E INTERFASI**

*Crediti didattici 6*

Insegnamento in comune con il Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche.

### **FOTOCHIMICA**

*Crediti didattici 6*

Insegnamento in comune con il Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche.

### **CHIMICA BIOINORGANICA**

*Crediti didattici 6*

Insegnamento in comune con il Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche.

### **CHIMICA DELLO STATO SOLIDO**

*Crediti didattici 6*

Insegnamento in comune con il Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche.

### **CHIMICA BIOORGANICA**

*Crediti didattici 6*

Insegnamento in comune con il Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche.

### **STEREOCHIMICA ORGANICA**

*Crediti didattici 6*

Insegnamento in comune con il Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche.

**ELENCO DOCENTI DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI**

<b>insegnamento</b>	<b>docente</b>
Fondamenti di Calcolo Numerico	Flavia De Tisi
Complementi di matematiche	Alberto Alesina
Metodologie analitiche per l'ambiente e il territorio	Paola Fermo - Maria Grassi
Caratterizzazione strutturale di composti organici	Rita Annunziata
Fisica dell'atmosfera	Corso mutuato
Tecnologie elettrochimiche di bonifica ambientale	Sandra Rondinini
L'idrogeno come vettore energetico	Giorgio Fiori
Chemiometria	Maurizio Sironi
Chimica supramolecolare I e II mod.	Francesca Porta
	Lucia Carlucci
Chimica Organica Industriale	Domenico Albanese
Risonanze magnetiche: applicazioni in chimica inorg. e metallorg.	Tiziana Beringhelli
Chimica degli elementi e qualità della vita	Alessandro Pasini
Chimica Fisica dei Sistemi Dispersi e Interfasi	Silvia Ardizzone
Fotochimica	Elena Selli
Chimica Bioinorganica I e II modulo	Michele Gullotti
	Tiziana Beringhelli
Chimica dello Stato Solido	Gianfranco Ciani
Chimica Bioorganica	Giovanna Speranza
Stereochimica organica	Franco Cozzi





**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE**

## **NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE**

Il Corso di Laurea Magistrale in Chimica Industriale e Gestionale ha la durata di due anni e ha come obiettivo la formazione di una figura di chimico che possieda un'elevata preparazione scientifica e operativa nelle tematiche connesse alla produzione industriale nei diversi settori chimici, con speciale riferimento alle connessioni prodotto-processo, che abbia adeguate conoscenze di economia e gestione aziendale e che sia in grado di lavorare con ampia autonomia, anche assumendo responsabilità di progetti e strutture. Questi obiettivi generali sono articolati in modo specifico per i diversi curricula, come spiegato oltre.

### **Accesso alla Laurea Magistrale**

Possono accedere al corso di laurea magistrale in "Chimica Industriale e Gestionale", con riconoscimento integrale dei crediti formativi universitari acquisiti, i laureati dell'Università degli Studi di Milano in Chimica Industriale, classe delle lauree universitarie in Scienze e Tecnologie chimiche (classe 21).

Possono anche accedervi coloro che siano in possesso di una laurea conseguita presso lo stesso o altro Ateneo nell'ambito della stessa Classe 21 (Scienze e Tecnologie chimiche) oppure della Classe 1 (Biotecnologie), della Classe 10 (Ingegneria industriale), della Classe 24 (Scienze e Tecnologie farmaceutiche) o della Classe 27 (Scienze e Tecnologie per l'ambiente e la natura), nonché coloro che siano in possesso di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto idoneo.

Per essere ammesso al corso di laurea magistrale il laureato deve possedere i seguenti requisiti curriculari, con riferimento all'Ordinamento Didattico del Corso di Laurea in Chimica industriale:

- per quanto riguarda le attività formative di base, almeno un totale di 12 crediti formativi nelle discipline degli ambiti matematico-informatico e fisico;
- per quanto riguarda le attività formative caratterizzanti, almeno 40 CFU complessivi.

La preparazione personale dei laureati sarà verificata, ai fini dell'ammissione al corso di laurea magistrale, mediante un colloquio a carattere multidisciplinare. **Tale colloquio si svolgerà alle ore 10 del 26 settembre 2005 presso l'aula D del Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica, via Golgi 19 - Milano.**

**L'iscrizione al colloquio dovrà essere fatta entro il 10 settembre 2005.**

Potranno accedere al colloquio di ammissione gli studenti in possesso del titolo di laurea triennale.

Potranno accedere al colloquio, con riserva, anche quegli studenti che, ragionevolmente, prevedono di conseguire la laurea triennale entro il 28 febbraio 2006. Peraltro, si sconsiglia l'iscrizione al colloquio a quegli studenti che, alla predetta data del 10 settembre 2005, debbano ancora acquisire più di 35 CFU derivanti da prove d'esame con voto per accedere alla prova finale.

L'esito negativo conseguito nella prova di verifica comporta la preclusione all'accesso al corso di laurea specialistica per l'anno accademico 2005/2006.

In caso di esito positivo del colloquio, l'iscrizione al corso di laurea specialistica dovrà essere fatta dal 17 al 21 ottobre 2005.

I laureati con carenze nelle attività formative caratterizzanti della Laurea in Chimica industriale, se ammessi, dovranno acquisire le conoscenze e i crediti formativi mancanti entro il primo anno della Laurea Magistrale, rispettando le propedeuticità indicate dalla Commissione di accesso alla Laurea Magistrale.

I CFU non riconosciuti rimarranno nella carriera dello studente e potranno essere utilizzati, su delibera del Consiglio di Coordinamento Didattico previo parere della Commissione Piani di Studio, nel corso degli studi della Laurea Magistrale.

### **Percorso formativo della Laurea Magistrale in CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE**

In relazione ai propri obiettivi formativi, il Corso di Laurea Magistrale in Chimica Industriale e Gestionale definisce tre curricula diversi, ma stabilisce un gruppo di insegnamenti fondamentali, comuni a tutti i curricula (per un totale di 26 C FU). I curricula sono precisati nelle pagine seguenti, con gli specifici obiettivi formativi e i conseguenti obblighi didattici.

a) *Curriculum "Processi chimici ed elettrochimici"*

Questo curriculum ha l'obiettivo di far conoscere allo studente:

- 1) lo sviluppo dei processi chimici industriali, in particolare dei processi catalitici, dalla scala di laboratorio all'impianto pilota ai principi per il passaggio alla scala industriale;
- 2) le tecnologie elettrochimiche nei vari campi di applicazione: analitici, di sintesi, energetici, di trattamento ambientale;
- 3) i problemi di preparazione e impiego dei materiali metallici, con particolare riguardo ai fenomeni di corrosione e degrado ambientale.

Gli sbocchi professionali previsti sono: reparto di ricerca e sviluppo delle industrie chimiche ed elettrochimiche; progettazione e produzione di generatori e sensori elettrochimici; progettazione e gestione di impianti pilota; conduzione di impianti chimici industriali; specialisti dei problemi di corrosione; uffici brevettazione.

Con un'opportuna scelta degli insegnamenti opzionali, lo studente ha la possibilità di dare al proprio piano di studi l'orientamento culturale più aderente alle proprie inclinazioni.

Organizzazione didattica per il curriculum (a):

**PRIMO ANNO**

	<i>insegnamento</i>	<i>esame o prova</i>	<i>crediti (CFU)</i>	SSD	attività formativa
<b>1° semestre</b>					
F73001	Chimica industriale (approfondimento)	<1>	6	CHIM/04	b
	Laboratorio di Chim. ind.(approfondim. )		4		
F73003	Processi e Impianti ind. chimici (approfondimento)	<2>	6	ING-IND/25	b
F73004	Ottimizzazione delle Risorse aziendali	<3>	5	SECS-P/08	c
F73005	Complementi di Matematiche	<4>	5	MAT/05	c
<b>2° semestre</b>					
F73011	Elettrochimica	<5>	5	CHIM/02	b
	Laboratorio di Elettrochimica		5		
<i>Oppure</i>					
F73013	Chimica fisica della Catalisi	<5>	5	CHIM/02	b
	Laboratorio di Chim.fis.della Catalisi		5		
<i>tre corsi da scegliere tra i seguenti</i>					
F73022	Corrosione e Protezione dei Materiali metallici	<6>	5	ING-IND/23	b
F73010	Chimica fisica dei Sistemi dispersi e delle Interfasi <sup>(1)</sup>		5	CHIM/02	b
F73023	Termodinamica e Cinetica chimica applicate		5	CHIM/02	b
F73024	Catalisi industriale		5	CHIM/02	b
F73025	Passaggi di Scala nei Processi chimici		5	ING-IND/26	b
F73026	Elettrochimica industriale		5	CHIM/02	b
F73027	Metallurgia		5	ING-IND/21	b
<i>e inoltre</i>					
	Prova di ulteriori conoscenze linguistiche	<prova 1>	4		f
	Ricerca bibliografica	<prova 2>	5		f

<sup>(1)</sup> parzialmente mutuato dal Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche

**SECONDO ANNO**

	<i>insegnamento</i>	<i>esami e</i>	<i>crediti</i>	<i>SSD</i>	<i>attività</i>
--	---------------------	----------------	----------------	------------	-----------------

		<i>prove</i>	(CFU)		formativa
<b>1° semestre</b>					
F73042	Gestione dell'Innovazione	<9>	5	SEC S- P/08	c
	Corso a libera scelta dello studente	<10>	5		d
<i>e inoltre, distribuito tra 1° e 2° semestre:</i>					
	Laboratorio di tesi di laurea magistrale	<prova finale>	50		e

b) *Curriculum "Chimica fine e biotecnologica"*

E' obiettivo di questo curriculum la preparazione di laureati che siano specialisti nell'analisi, progettazione e produzione di molecole di grande interesse applicativo, utilizzando metodologie e strategie di sintesi avanzate e innovative. Queste tecnologie trovano sviluppo anche nell'individuazione di processi biotecnologici innovativi e nella messa a punto di metodologie più economiche e meno inquinanti nel campo della chimica fine, che è uno dei settori di punta dell'industria chimica. Questi laureati "specialisti" avranno competenze per presiedere alle fasi di progettazione delle molecole e di ottimizzazione della loro sintesi in vista della produzione industriale e per interagire in maniera non subalterna con altre funzioni aziendali (ingegneria, marketing, ecc.) coinvolte nell'iter di ricerca, sviluppo, produzione e commercializzazione di principi attivi, in particolare quelli ad elevato valore aggiunto. L'acquisizione di dette competenze apre al laureato chimico "specialista" l'accesso ai più svariati settori industriali quali il farmaceutico, l'alimentare, l'agrochimico, i settori degli additivi, degli ausiliari, dei materiali per l'elettronica e dell'ecologia, oltre che al campo delle proprietà industriali (brevetti) e della gestione aziendale.

Organizzazione didattica per il curriculum (b):

**PRIMO ANNO**

	<i>Insegnamento</i>	<i>esame o prova</i>	<i>crediti (CFU)</i>	SSD	attività formativa
<b>1° semestre</b>					
F73001	Chimica industriale (approfondimento)	<1>	6	CHIM/ 04	b
	Laboratorio di Chim.ind. (approfondim.)		4		
F73003	Processi e Impianti ind.chimici(approfondimento)	<2>	6	ING- IND/25	b
F73004	Ottimizzazione delle Risorse aziendali	<3>	5	SECS- P/08	c
<i>un corso da scegliere tra i seguenti:</i>					
F73006	Concetti e Metodologie di Sintesi organica	<4>	5	CHIM/ 06	b
F73007	Caratterizzazione strutturale di Composti organici		5	CHIM/ 06	b
F73008	Chimica bioinorganica <sup>(1)</sup>		5	CHIM/ 03	b
<b>2° semestre</b>					
F73015	Chimica organica applicata	<5>	6	CHIM/ 06	b
	Laboratorio di Chim.organica applicata		3		
F73016	Fermentazioni e Biotrasformazioni industriali con Laboratorio	<6>	6	CHIM/ 11	b
<i>un corso da scegliere tra i seguenti:</i>					
F73029	Chimica organica industriale	<7>	5	CHIM/ 04	b
F73030	Chimica dei Prodotti naturali di Interesse industriale		5	CHIM/ 06	b
F73031	Chimica dei Processi biotecnologici		5	CHIM/ 11	b
F73033	Chimica metalloorganica		5	CHIM/ 03	b
<i>un corso a scelta tra i seguenti:</i>					
F73034	Biochimica industriale	<8>	5	BIO/10	c
F73035	Biologia molecolare		5	BIO/11	c
<i>e inoltre</i>					
	Prova di ulteriori conoscenze linguistiche	<prova 1>	4		f
	Ricerca bibliografica	<prova 2>	5		f

<sup>(1)</sup> parzialmente mutuato dal Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche.

**SECONDO ANNO**

	<i>insegnamento</i>	<i>esami e prove</i>	<i>crediti (C FU)</i>	<i>SSD</i>	<i>attività formativa</i>
<b>1° semestre</b>					
F73042	Gestione dell'Innovazione	<9>	5	SEC S-P/08	c
	Corso a libera scelta dello studente	<10>	5		d
<i>e inoltre, distribuito tra 1° e 2° semestre:</i>					
	Laboratorio di tesi di laurea magistrale	<prova finale>	50		e

c) *Curriculum "Materiali "*

Questo indirizzo è volto alla formazione di laureati interessati a svolgere attività produttiva o di ricerca nel settore dei materiali inorganici, organici e polimerici, con particolare riferimento alla loro preparazione e caratterizzazione. Il contenuto dell'indirizzo è finalizzato a soddisfare le necessità di industrie e centri di ricerca operanti nei più diversificati campi dei materiali tradizionali e innovativi.

Allo scopo di assicurare una preparazione la più ampia possibile, è consigliabile che gli studenti dell'orientamento "Materiali polimerici" scelgano, nell'ambito dei corsi opzionali, anche insegnamenti relativi ai materiali inorganici, e, viceversa, che gli studenti dell'orientamento "Materiali inorganici" scelgano, nell'ambito dei corsi opzionali, anche insegnamenti relativi ai materiali organici.

Organizzazione didattica per il curriculum (c):

**PRIMO ANNO**

	<i>insegnamento</i>	<i>esam e o prov a</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>SSD</i>	<i>attività formativa</i>
<b>1° semestre</b>					
F73001	Chimica industriale (approfondimento)	<1>	6	CHIM/ 04	b
	Laboratorio di Chim.ind.(approfondim.)		4		
F73003	Processi e Impianti ind.chimici (approfondimento)	<2>	6	ING- IND/25	b
F73004	Ottimizzazione delle Risorse aziendali	<3>	5	SECS- P/08	c
<i>un corso da scegliere tra i seguenti:</i>					
F73009	Polimeri per applicazioni mediche	<4>	5	CHIM/ 04	b
F73028	Fotochimica <sup>(1)</sup>		5	CHIM/ 02	b
F73040	Scienza dei metalli		5	CHIM/ 02	b
<b>2° semestre</b>					
F73018	Chimica delle Macromolecole	<5>	6	CHIM/ 04	b
	Laboratorio di Chim.delle Macromolecole		4		
<i>Oppure</i>					
F73020	Chimica fisica dei Materiali	<5>	6	CHIM/ 02	b
	Laboratorio di Chim.fisica dei Materiali		4		
<i>due corsi da scegliere tra i seguenti:</i>					
F73036	Chimica e Tecnologia dei Polimeri	<6>	5	CHIM/ 04	b
F73037	Chimica inorganica dei Materiali con Laboratorio		5	CHIM/ 03	b
F73010	Chimica Fisica dei Sistemi Dispersi e delle Interfasi		5	CHIM/ 02	b
F73022	Corrosione e Protezione dei Materiali metallici		5	ING- IND/23	b
F73027	Metallurgia			ING- IND/21	b
<i>un corso a scelta tra i seguenti:</i>					
F73039	Fisica dello stato solido	<8>	5	FIS/03	c
F73038	Chimica dell'ambiente e dei beni culturali	<8>	5	CHIM/ 12	c
<i>e inoltre</i>					
	Prova di ulteriori conoscenze linguistiche	<prova 1>	4		f
	Ricerca bibliografica	<prova 2>	5		f



<sup>(1)</sup> parzialmente mutuato dal Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche

**SECONDO ANNO**

	<i>insegnamento</i>	<i>esami e prove</i>	<i>crediti (C FU)</i>	<i>SSD</i>	<i>attività formativa</i>
<b>1° semestre</b>					
F73042	Gestione dell'Innovazione	<9>	5	SEC S- P/08	c
	Corso a libera scelta dello studente	<10>	5		d
<i>e inoltre, distribuito tra 1° e 2° semestre:</i>					
	Laboratorio di tesi di laurea magistrale	<prova finale>	50		e

Per "ulteriori conoscenze linguistiche" si intende una conoscenza approfondita della lingua inglese oppure una conoscenza elementare del francese o del tedesco.

Per la "ricerca bibliografica" lo studente dovrà rivolgersi al relatore di tesi o ad un altro docente per l'assegnazione del tema della ricerca, nell'ambito del curriculum scelto, e svolgere il lavoro sotto la sua guida. I risultati della ricerca saranno raccolti in un elaborato che verrà valutato da una apposita commissione presieduta dal docente responsabile.

**Piani di studio individuali**

Gli studenti possono discostarsi dai curricula sopra proposti, presentando propri piani di studio individuali, nel rispetto delle norme del Regolamento didattico della Facoltà. Ogni piano di studio individuale sarà esaminato da una commissione del Consiglio di Coordinamento Didattico e sarà sottoposto al Consiglio stesso, che lo potrà approvare o respingere. Si consiglia a coloro che intendono presentare un piano di studi individuale di rivolgersi a uno dei responsabili dell'orientamento.

**Insegnamenti disattivati**

- **Insegnamento disattivato dall'a.a. 2005-2006**
  - Sintesi e Tecniche Speciali Inorganiche

**PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI**

## PRIMO ANNO

### CHIMICA INDUSTRIALE (APPROFONDIMENTO)

Crediti Didattici 6 (48 ore di lezioni frontali)

Prof. Dario Landini

Fonti di energia e materie prime per l'industria chimica: carbone, gas naturale, petrolio. Composizione e lavorazione del petrolio: cracking termico, steamcracking, cracking catalitico, reforming catalitico, alchilazione. Gas di sintesi. Processo SASOL Fischer-Trops. Unità C1: metanolo, formaldeide, acido formico, formammidi, acido cianidrico. Produzione industriale delle olefine: etilene, propilene, buteni e omologhi superiori. Metatesi delle olefine. Diolefine coniugate: butadiene, isoprene, cloroprene e ciclopentadiene. Acetilene: produzione e applicazioni. Idroformilazione: processi di carbonilazione e carbossilazione delle olefine. Prodotti di ossidazione dell'etilene: ossido di etilene, glicole etilenico, polietilenglicoli. Acetaldeide. Acido acetico, acetato d'etile, anidride acetica. Produzione industriali degli alcoli: etanolo, isopropanolo, butanoli e omologhi superiori. Dioli e polioli. Derivati degli xileni e del naftalene: acido ftalico, anidride ftalica ed esteri ftalici.

#### Testi consigliati:

- K. Weissmehl, H. I. Arpe, *Industrial Organic Chemistry*, 3rd. Ed. VHC, Weinheim, 1997; alternativamente, *Chimica organica Industriale* (Traduzione italiana della I ed. tedesca e aggiornamento ricavato dalla III ed. tedesca a cura di C. Botteghi, Piccin ed. Padova, 1981, 1991);
- C. Giavarini, *Guida allo Studio dei Processi di Raffinazione e Petrochimici*, Ed. Scien., Siderea, Roma, 1999.

### LABORATORIO DI CHIMICA INDUSTRIALE (APPROFONDIMENTO)

Crediti didattici 4 (64 ore di esercitazioni in laboratorio)

Dott. Domenico Albanese

Il programma del corso prevede l'esecuzione a banco singolo di esperimenti di laboratorio, riguardanti la preparazione di intermedi e di prodotti finiti di interesse industriale tramite sintesi a uno stadio o a più stadi. I prodotti ottenuti verranno caratterizzati tramite tecniche spettroscopiche e analitiche.

In particolare verranno eseguite le seguenti esperienze:

- sintesi del 2-etilano a partire da aldeide butirrica e suo impiego per la preparazione di plastificanti
- sintesi di cloroprene per deidroclorurazione di diclorobuteni in condizioni di catalisi per trasferimento di fase
- sintesi di detergenti anionici, quale il dodecilbenzensolfonato sodico

#### Testi consigliati:

- Materiale didattico riguardante gli esperimenti, che verrà fornito dal docente all'inizio del corso di laboratorio

### PROCESSI E IMPIANTI IND. CHIMICI (APPROFONDIMENTO)

Crediti didattici 6

Prof. Paolo Beltrame

#### *Cinetica applicata*

Richiami di cinetica chimica. Reazioni a stadi.

Catalisi acido-basica. Autocatalisi. Catalisi enzimatica. Catalisi eterogenea. Adsorbimento fisico e chimico. Modelli cinetici per le reazioni catalitiche. Limitazioni diffusive, efficacia dei catalizzatori. Reazioni tra gas e solidi non catalitici. Reazioni tra gas e liquidi. Reazioni in sistemi trifasici gas-liquido-solido.

#### *Processi e reattori chimici*

Schemi di processo. Simboli e sigle. Schemi di regolazione. Bilanci di massa e di energia.

Reattori discontinui. Reattori semicontinui. Reattori continui tubolari ideali. Reattori continui a completo mescolamento. Conversione e selettività nei diversi reattori. Effetti termici. Reattori continui non-ideali. Distribuzione dei tempi di residenza nei reattori continui. Modelli di reattori continui a mescolamento parziale. Reattori per reazioni gas+liquido. Reattori trifasici. Reattori con catalizzatori monolitici.

Impianto pilota, impianto industriale: passaggi di scala. La sicurezza nei processi chimici.

#### Testo consigliato

- O. Levenspiel, *Chemical Reaction Engineering*, 3rd edit., Wiley, New York, 1999.

## **OTTIMIZZAZIONE DELLE RISORSE AZIENDALI**

*Crediti didattici 5*

In attesa nomina docente

*NB: Il programma si riferisce all'a.a. 2004-2005*

In sintesi il corso si propone di fare comprendere ai giovani, alternando teoria ed esame di bilanci aziendali, come l'equilibrio economico delle aziende sia oggi molto teso, data l'elevatissima competitività internazionale, per cui l'uso delle risorse aziendali vada deciso con molta oculatezza.

Il corso dà per acquisiti gli strumenti base della gestione, della organizzazione e del controllo economico-finanziario aziendale.

Più in particolare il piano delle lezioni si svolgerà seguendo queste linee:

- Richiamo e approfondimento sui fattori di successo della attività aziendale: prodotto/mercato, costi/prezzi, valore aggiunto/costi delle risorse, capacità di produrre, vendere, ricercare, decidere, con efficacia ed efficienza. (6 ore)
- Le risorse aziendali: capitale umano, tecnologico, finanziario e quote di mercato possedute; la loro funzione prioritaria: mantenere e possibilmente migliorare l'equilibrio economico-finanziario dell'azienda. Verifiche della redditività e della salute finanziaria dell'azienda. (4 ore)
- L'analisi delle tendenze tecnologico/produttive (offerta), dei consumi e delle necessità (domanda), dei cicli economico/finanziari come scenario in cui opera l'Azienda e come base della pianificazione aziendale. (4 ore)
- I conseguenti punti di forza e di debolezza aziendali e gli obiettivi offensivi e difensivi dell'azienda, nel breve e nel medio termine. La necessità di concentrare l'attenzione e l'uso delle risorse disponibili verso quegli obiettivi che mostrano maggiore probabilità di generare un risultato di valore superiore al costo necessario a conseguirlo. (10 ore, di cui 6 per analisi e discussione bilanci)
- Il dispiegamento delle risorse aziendali nello spazio (mercati geografici) e nel tempo (fasi di sviluppo) (10 ore, di cui 6 di esame di analisi tendenziali pluriennali)
- Tecniche di pianificazione strategica in funzione di scenari alternativi. Idea di budget/business plan (4 ore con esempi)
- Sintesi dei parametri economico/finanziari tipici per diverse tipologie di attività industriali. (2 ore)
- Esercitazioni di gruppo (4 ore)

## **COMPLEMENTI DI MATEMATICHE**

*Crediti didattici 5*

Prof. Alberto Alesina

insegnamento mutuato dal Corso di Laurea Magistrale integrata in Scienze Chimiche e in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali. Vedi programma del corso omonimo.

## **ELETTROCHIMICA**

*Crediti didattici 5*

Prof. Sergio Trasatti

*Introduzione al corso*

Definizione di elettrochimica. Impatto tecnologico. Industrie e lavorazioni elettrolitiche. Generatori elettrochimici, applicazioni elettrochimiche in altri campi. Pila di Volta. Relazione tra scoperta e commercializzazione. Prospettive future dell'elettrochimica. Competizione delle auto elettriche col petrolio. Fonti rinnovabili di energia. Economia basata sull'idrogeno come combustibile. Scienza e applicazioni della scienza.

*Energia di una particella in una fase*

Vari tipi di potenziale. Potenziale elettrostatico. Potenziale di superficie. Parametri degli elettroni nei metalli. Struttura elettronica dei metalli. Potenziale di superficie dei metalli. Superfici policristalline. Potenziale chimico.

*Stato standard*

Attività. Coefficienti di attività. Potenziale chimico di un elettrolita. Attività ionica media. Coefficienti di attività in scale diverse di concentrazione. Teoria di Debye-Hückel. Legge limite. Descrizione del modello. Spessore dell'atmosfera ionica. Interazioni a corto raggio. Teoria dell'idratazione. Coefficienti di attività di elettroliti misti. Associazione ionica in soluzione. Polielettroliti.

*Equilibrio tra fasi*

Sale poco solubile. Caso del metallo/acqua. Equilibrio metallo/ione metallico Equazione di Nernst. Misura di  $f$ . Elettrodi di riferimento. Elettrodi di I e II specie. Catena galvanica aperta. Componenti di  $f$ . Significato del potenziale misurato. E come differenza di energia elettronica. E come differenza di  $G$  per la reazione di cella. Derivazione termodinamica di  $G = -nFE$ .

*Trasformazioni reversibili*

Confronto fra sistema chimico e sistema elettrochimico. Sistema elettrochimico reversibile. Reazioni parziali e totali. Misura di  $G$ ,  $S$ ,  $E^\circ$  e coefficienti di attività. Ciclo di Born-Haber. Potenziale assoluto. Scala dei potenziali. Scala redox. Elettrodi iono-selettivi, pH, pH-metro. Altri tipi di elettrodi iono-selettivi. Potenzimetri per analisi. Potenziale formale.

#### *Leggi di Faraday*

Rendimenti di corrente, equivalente elettrochimico.

#### *Conducibilità delle soluzioni*

Conducibilità specifica, conducibilità equivalente. Misura di conducibilità. Costante di cella. Caratteristiche di cella. Dipendenza della conducibilità della concentrazione. Numeri di trasporto. Metodo di Hittorf. Moto di uno ione. Raggio di Sokes. effetti Falkenhagen e Wien. Effetto degli ultrasuoni. Effetto della  $T$  e  $P$ . Applicazioni della conducibilità.

#### *Diffusione*

1<sup>a</sup> Legge di Fick, 2<sup>a</sup> Legge di Fick. Relazione tra diffusione e migrazione. Equazione di Planck-Einstein. Origine del potenziale di diffusione. Potenziale interliquido. Concetti fondamentali. Equazione di Henderson. Ponti salini. Il caso del KCl saturo. Celle con trasporto. Determinazione dei numeri di trasporto. Potenziale Donnan. Membrane iono-selettive. Elettrodo a vetro.

#### *Interfasi polarizzabili e non polarizzabili*

Definizione di interfase polarizzabile. Circuiti equivalenti. Eccesso superficiale. Definizione di adsorbimento. Equazione di adsorbimento di Gibbs. Equazione elettrocapillare. Eccesso superficiale relativo. Curva elettrocapillare. Potenziale di carica zero. Capacità differenziale. Relazioni termodinamiche. Ottenimento dell'equazione elettrocapillare. Misura degli eccessi superficiali. Teoria di Gouy-Chapman. Confronto dati sperimentali con teoria. Adsorbimento specifico. Modello di Stern. Formule della teoria di Gouy-Chapman. Modello di Grahame. Condensatori in serie. Il potenziale di carica zero: da misura di capacità e con l'elettrodo a getto di Hg. Diagramma di Parsons e Zobel. Isotherme di adsorbimento. Test delle isoterme. Adsorbimento ionico e non ionico. Misure di capacità. Effetto del campo elettrico sull'adsorbimento. Relazione tra potenziale di carica zero e parametri strutturali dell'interfase. Componenti del potenziale di carica zero. Idrofilicità dei metalli. Cristalli singoli e policristalli. Interfaccia solido/ionico soluzione. Punto di carica zero. Titolazioni potenziometriche. Colloidi. Potenziale zeta. Punto isoelettrico. Fenomeni elettrocinetici.

#### *Cinetica elettrochimica*

Curve dell'energia potenziale prima dell'equilibrio. Sistema dell'equilibrio. Termini chimici e termini elettrici. Equazioni cinetiche. Corrente di scambio. Determinazione del coefficiente di trasferimento (greco). Significato di (greco). Resistenza di reazione. Retta di Tafel. Estrapolazione della corrente di scambio. Confronto con la resistenza di reazione. Sovratensione di concentrazione e ohmica. Origine della caduta ohmica non compensata.

#### *Effetto dello stato di carica dell'elettrodo sulla cinetica*

Adsorbimento specifico. Ordine di reazione a potenziale e a sovratensione costante. Energia di attivazione a potenziale e a sovratensione costante. Effetto dello stato di carica dell'elettrodo. Effetto dell'adsorbimento specifico di specie ioniche e neutre.

#### *Meccanismi a più stadi*

Numero stechiometrico. Determinazione del numero stechiometrici. Meccanismi della reazione di sviluppo di idrogeno. Relazione tra pendenza della retta di Tafel e meccanismo di reazione. Retta di Tafel a due pendenze. Effetto del grado di copertura della superficie elettrodica con intermedi di reazione. Stadio chimico come cineticamente determinante. Equazione cinetica generalizzata. Principi di elettrocatalisi. Effetti primari e secondari del materiale elettrodico. Curve a "vulcano".

#### *Tecniche sperimentali per lo studio dei fenomeni elettrochimici*

Curve potenziostatiche e galvanostatiche. Curve potenziodinamiche. Voltammetria ciclica. Esempio del platino. Step di corrente (cronopotenziometria). Correzione delle cadute ohmiche non compensate. Step di potenziale (crono-coulometria). Eri per la flessibilità coordinativa. Esempi di catalisi omogenea e di reattività dei complessi.

## **LABORATORIO DI ELETTROCHIMICA**

*Crediti didattici: 5*

Prof.ssa Patrizia Mussini

Il corso ha lo scopo di render familiare la maggior parte delle apparecchiature e metodologie di base elettrochimiche, applicando concretamente molte delle nozioni teoriche apprese nel Corso di Elettrochimica. E' formato per circa un quarto di lezioni in aula (richiami ed estensioni di nozioni del corso base di Elettrochimica, descrizione delle apparecchiature e delle modalità operative, esempi di calcolo) e per le restanti ore da esercitazioni in laboratorio. Dalla docente verranno fornite ad ogni gruppo dispense sull'intera parte teorica del corso nonché schede con le descrizioni dettagliate delle esperienze di laboratorio e fogli elettronici modello per le elaborazioni dei risultati.

1. Esercitazioni sulla conducibilità delle soluzioni elettrolitiche
  - Taratura di una cella conduttimetrica.
  - Conducibilità specifiche e molari di elettroliti forti (verifica eq. di Onsager e legge di Kohlrausch) e deboli (applicazione eq. di Kraus e Bray per determinazione  $pK_a$ ).
  - Titolazioni conduttimetriche.
2. Esercitazioni sulla termodinamica elettrochimica
  - Preparazione e verifica di elettrodi sensori ad AgCl (con metodo bielettrolitico) e a  $Hg_2Cl_2$
  - Determinazione del  $\Delta G^\circ$  di reazione della pila  $Pt|Ag|AgCl|KCl|Hg_2Cl_2|Hg|Pt$  (da misura di f.e.m.)
  - Determinazione del  $\tau_{K+}$  da misure di f.e.m. della pila con trasporto  $Pt|Ag|AgCl|KCl||KCl|AgCl|Ag|Pt$ ;
3. Esercitazioni di elettroanalisi potenziometrica
  - Elettrodi ionoselettivi: costruzione, taratura (grado di idealità, limite di rilevabilità) e uso in misura diretta e in titolazioni potenziometriche
  - Taratura e misura del pH con elettmetro e con pH-metro; titolazioni pH-metriche
  - Durezza totale e temporanea e *Langelier Saturation Index* dell'acqua di rete
  - Analisi di un'acqua minerale commerciale ( $\kappa$ , pH, durezza, LSI,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ );
4. Esercitazioni di cinetica elettrochimica, con applicazioni alla elettrocatalisi, alla elettroanalisi e alla corrosione
  - Uso del sistema [potenziostato/galvanostato + generatore di funzioni + registratore x/y o y/t] in circuiti con resistenze e condensatore variamente disposti: generazione di segnali complessi, ciclovoltammetrie, cronopotenziometrie;
  - Voltammetrie cicliche su Pt in  $H_2SO_4$ : aree corrispondenti all'adsorbimento e desorbimento di idrogeno ed ossigeno, determinazione di superficie e capacità dell'elettrodo e loro modifiche in seguito ad adsorbimento specifico di tracce di alcoli;
  - Voltammetrie cicliche: effetto della velocità di scansione; criteri per determinare il grado di reversibilità di una reazione
  - *Underpotential deposition*: Cu su Pt (ed esempio di "stripping anodico"), Cu su Au, Pb su Au
  - Sistema redox Fe(III)/Fe(II) analizzato su elettrodo di Pt a disco rotante: identificazione delle zone a controllo diffusivo e misto; determinazione dei coefficienti di diffusione, delle costanti di velocità diretta e inversa per il trasferimento elettronico nonché del parametro  $\alpha$ .
  - Sistema redox Fe(III)/Fe(II) analizzato su elettrodo di Pt stazionario: curve di polarizzazione  $i$  vs  $\eta$  nella zona a bassissime sovratensioni e verifica della loro linearità "ohmica"
  - Sviluppo di ossigeno su elettrodi di ossidi metallici catalitici: curva di polarizzazione  $i$  vs  $\eta$  nella zona ad elevate sovratensioni; verifica della linearità  $\eta$  vs  $\log i$  (equazione di Tafel); metodi per la correzione della caduta ohmica.
  - Polarografie DC e DPP di  $Pb^{2+}$  e  $Ni^{2+}$ . Criteri di reversibilità. Determinazione del numero e della costante di complessazione di  $Pb^{2+}$  con  $OH^-$
  - Titolazione amperometrica Karl Fischer per la determinazione di tracce di acqua in solventi organici.
  - Registrazione di curve di passivazione di un acciaio inossidabile e loro correlazione con la composizione dell'acciaio e con l'aggressività dell'ambiente.

## CHIMICA FISICA DELLA CATALISI

Crediti didattici 5

Prof. Lucio Forni

- *Funzione e struttura del catalizzatore (0.5 CFU)*: Catalizzatore e Processo catalitico. Stadi della reazione catalitica. Adsorbimento. Diffusione. Shape selectivity. Composizione e struttura del catalizzatore. Polifunzionalità. Equilibrio tra i componenti.
- *Sviluppo del processo catalitico (0.5 CFU)*: Definizione del problema e degli obiettivi. Progetto e ricerca del catalizzatore. Prove sul catalizzatore, in laboratorio e in impianto pilota. Progetto del processo.
- *Materiali catalitici (0.5 CFU)*: Tipi di materiali catalitici: Metalli. Semiconduttori. Isolanti. Solidi acidi. Zeoliti. Supporti e promotori.
- *Preparazione del catalizzatore (1.5 CFU)*: Tecniche preparative: Precipitazione, Tecnica sol-gel, Impregnazione, Spray-drying, Tecniche speciali. Produzione industriale dei catalizzatori. Formatura. Resistenza meccanica. Passaggi di scala: Impianto pilota, Reattore industriale. Copertura brevettuale. Responsabilità legali.
- *Caratterizzazione del catalizzatore (1.5 CFU)*: Proprietà di massa. Proprietà di particella. Proprietà di superficie. Misura dell'attività catalitica. Spettroscopia IR e tecniche di desorbimento a temperatura programmata (TPD) applicate alla caratterizzazione dei catalizzatori.
- *Disattivazione del catalizzatore (0.5 CFU)*: Tipi e cause di disattivazione. Effetti della disattivazione. Rigenerabilità del catalizzatore.

Gli argomenti verranno illustrati anche con esempi applicativi (case histories).

Testi consigliati:

- J.T.Richardson, *Principles of Catalyst Development*, Plenum Press, New York, 1989.
- J.M.Thomas, W.J.Thomas, *Principles and Practice of Heterogeneous Catalysis*, VCH, Weinheim, 1997.
- R.J.Farrauto, C.H.Bartholomew, *Fundamentals of Industrial Catalytic Processes*, Blackie Academic & Professional, London, 1997.

**LABORATORIO DI CHIMICA FISICA DELLA CATALISI**

*Crediti didattici 5*

:Dott.ssa Ilenia Rossetti

La finalità del presente insegnamento è l'approfondimento applicativo dei concetti illustrati nell'insegnamento istituzionale ad esso abbinato. Particolare attenzione verrà dedicata alla catalisi ambientale (catalizzatori per la depurazione degli effluenti gassosi, marmitte catalitiche) ed ai recenti sviluppi catalitici in ambito ambientale ed energetico (catalizzatori per la combustione senza fiamma del metano, catalizzatori per la scissione fotoelettrocatalitica dell'acqua – water splitting).

L'insegnamento si articolerà in una parte descrittiva (2 CFU, 16 ore) in cui verranno illustrate le proprietà e le applicazioni catalitiche di ossidi misti a struttura perovskitica, una famiglia di catalizzatori estremamente versatile ed utile per le applicazioni sopra citate. I successivi 3 CFU, corrispondenti a 48 ore di esercitazioni pratiche in laboratorio, saranno dedicati alle seguenti attività:

- Preparazione di una serie di catalizzatori perovskitici di diversa composizione;
- Preparazione di un catalizzatore "formato" per deposizione su monoliti a nido d'ape (passaggio di scala per applicazione industriale);
- Caratterizzazione dei materiali preparati mediante alcune tecniche strumentali (BET, SEM, XRD, TGA, XRF, TPD-TPR);
- Misura dell'attività catalitica per la combustione senza fiamma del metano mediante impianto micropilota;
- Interpretazione dei risultati sperimentali e stesura dell'elaborato finale..

La valutazione, nell'ambito dell'esame unico con l'insegnamento istituzionale, avverrà sulla base di una relazione individuale sul lavoro svolto.

Testi di riferimento:

visto il carattere applicativo delle esperienze, verrà fornita una raccolta aggiornata di materiale bibliografico sul tema.

**CORROSIONE E PROTEZIONE DEI MATERIALI METALLICI**

*Crediti didattici 5*

Prof. Enrico Sivieri

*Parte I*

Generalità: Definizioni. Velocità di corrosione. Andamento della corrosione nel tempo. Significato tecnico ed economico della corrosione.

*Parte II*

Corrosione in ambiente acquoso: Generalità. Natura elettrochimica dei fenomeni di corrosione. Termodinamica dei processi di corrosione. Diagrammi potenziale-pH. Cinetica dei processi di corrosione. Riduzione catodica dell'ossigeno. Evoluzione d'idrogeno. Passività. Teoria dei potenziali misti. Teoria degli elementi galvanici in corto circuito. Misura della velocità di corrosione con metodi elettrochimici. Resistenza di polarizzazione. Processi controllanti. Polarizzazione chimica, di concentrazione. Fattori termodinamici e cinetici di localizzazione della corrosione umida.

*Parte III*

Morfologia della corrosione: Corrosione per contatto, per vaiolatura, intestiziale, per fatica, sotto sforzo, per sfregamento, intergranulare. Danneggiamento da idrogeno. Corrosione delle strutture interrato. Corrosione biologica. Corrosione marina. Corrosione atmosferica. Corrosione per correnti disperse. Corrosione nelle acque naturali ed industriali.

*Parte IV*

Metodi di protezione: inibitori anodici, catodici, di adsorbimento, da imballaggio, in fase vapore, metodi di protezione con strati ricoprenti, protezione passiva, protezione mista. Strati di conversione, *ossidazione, anodica, fosfatizzazione*.

*Parte V*

Corrosione ad alta temperatura: Generalità. Aspetti termodinamici e cinetici. Teoria di Wagner. Conduttori ionici ed elettronici. Semiconduttori. Fattori di velocità. Corrosione secca delle leghe. Ossidazione interna. Corrosione da sali fusi.

Testi consigliati

- G. Bianchi, F. Mazza, *Corrosione e protezione dei metalli*, Ed. Masson s.p.a., Milano, 1989.

## **CHIMICA FISICA DEI SISTEMI DISPERSI E DELLE INTERFASI**

*Crediti didattici 5*

Prof.ssa Silvia Ardizzone

Corso parzialmente mutuato dal Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche ed in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali. Vedi programma del corso omonimo.

## **TERMODINAMICA E CINETICA CHIMICA APPLICATE**

*Crediti didattici 5*

Prof. Paolo Carniti

### *Termodinamica*

- Richiami e approfondimenti sul primo e secondo principio della termodinamica e sulle varie funzioni termodinamiche.
- Calcolo delle variazioni delle funzioni termodinamiche partendo da dati teorici e di letteratura, e da dati sperimentali.
- Termodinamica dei gas reali e delle miscele gassose reali. Equazioni di stato per i gas reali. Principio degli stati corrispondenti. Fugacità. Metodi per la valutazione dei coefficienti di fugacità.
- Termodinamica delle soluzioni. Proprietà generali delle soluzioni e equazione di Gibbs-Duhem. Relazione tra tensione di vapore parziale e composizione. Soluzioni ideali e non ideali. Coefficienti di attività. Convenzioni per i coefficienti di attività. Determinazione sperimentale dei coefficienti di attività. Funzioni di eccesso. Equazioni per esprimere i coefficienti di attività in funzione della composizione della soluzione. Energia libera di eccesso e miscibilità parziale.
- Equilibrio di reazione in fase gassosa e in soluzione. Costanti di equilibrio per reazioni in miscele non ideali. Metodi per la stima di dati termochimici. Impiego dei contributi di gruppo.
- Cenni di termodinamica statistica. Relazione tra funzioni di partizione e grandezze termodinamiche. Costanti di equilibrio espresse per mezzo delle funzioni di partizione.

### *Cinetica chimica*

- Richiami di cinetica chimica elementare.
- Teorie cinetiche. Teoria delle collisioni e dello stato stazionario.
- Reazioni complesse: reazioni parallele, consecutive, opposte, ecc.
- Catalisi omogenea. Meccanismi catalitici. Catalisi acido-basica generale e specifica.
- Catalisi enzimatica.
- Modelli matematici in cinetica chimica. Impostazione del modello. Metodi di integrazione numerica. Metodi di ottimizzazione. Significatività dei parametri ottenuti. Discriminazione tra modelli possibili.

## **CATALISI INDUSTRIALE**

*Crediti didattici 5*

Prof.ssa Antonella Gervasini

Il corso verte essenzialmente sugli aspetti principali della catalisi eterogenea ed intende fornire le informazioni di base per comprendere la strada che si deve percorrere per lo sviluppo dei catalizzatori industriali e dei relativi processi catalitici. Vengono illustrati esempi di rilievo nella catalisi industriale.

- Generalità. Definizione di catalizzatore e di reazione catalitica. Concetti di attività, selettività, e resa di un catalizzatore.
- Cinetica e stadi elementari. Diffusione, adsorbimento, reazione superficiale e desorbimento. Limitazioni all'azione catalitica dovuti a diffusione interna ed esterna.
- Sviluppo del catalizzatore industriale. Proprietà e caratteristiche del catalizzatore. Operazioni elementari per la preparazione di catalizzatori massivi e supportati, compresa la loro formatura.
- Determinazione delle proprietà dei catalizzatori. Proprietà catalitiche e loro misura in reattori sperimentali, proprietà meccaniche, proprietà chimico-fisiche.
- Invecchiamento dei catalizzatori. Disattivazione, avvelenamento ed interventi per la rigenerazione di catalizzatori spenti.
- Fondamenti per lo sviluppo di scala di catalizzatori eterogenei e dei relativi processi catalitici.
- La proprietà intellettuale. Importanza, significato ed interpretazione dei brevetti industriali.
- Esempi di processi catalitici di rilevanza industriale ed applicazioni catalitiche nel disinquinamento.

### Testi consigliati:

- J.-F. Le Page et al., «*Applied Heterogeneous Catalysis: Design, Manufacture, Use of Solid Catalysts*», Institut Français du Pétrole Publications, Editions Technip, 1987.
- J. Lynch, “*Physico-Chemical Analysis of Industrial Catalysts, a Practical Guide to Characterization*”, Institut Français du Pétrole Publications, Editions Technip, 2003.
- J.M. Thomas, W.J. Thomas, “*Principles and Practice of Heterogeneous Catalysis*”, VCH, Weinheim, New York, 1997.
- J.T. Richardson, “*Principles of Catalyst Development*”, Plenum Press, New York, 1989.



## **PASSAGGI DI SCALA NEI PROCESSI CHIMICI**

*Crediti didattici 5*

In attesa nomina docente

In attesa programma

## **ELETTROCHIMICA INDUSTRIALE**

*Crediti didattici 5*

Prof. Sandra Rondinini

### *Introduzione*

L'industria elettrochimica: sviluppi e prospettive

### *Valutazioni di processo*

Costi. Parametri di merito. Parametri dei reattori elettrochimici

### *Principi di disegno di cella*

Fenomeni di trasporto, distribuzione di corrente, connessione di celle. Tipologia dei reattori elettrochimici: processi continui e discontinui, PFR, CSTR, elettrodi convenzionali e tridimensionali

### *Pile e batterie primarie e secondarie*

### *Processi elettrochimici di interesse industriale*

Questa parte del corso, più che fornire una descrizione sistematica di tutti i processi elettrochimici realizzati su scala industriale, è dedicata all'approfondimento di alcuni processi di rilevante interesse industriale che siano significativi anche dal punto di vista didattico, quali, ad esempio:

- Processi per la protezione ambientale (trattamento reflui, recupero e rigenerazione reagenti, fotoelettrochimica, ecc.)
- Processi per i materiali metallici: estrazione, raffinazione, trattamenti superficiali, lavorazione
- Processi industriali per la produzione di cloro e soda, alluminio, adiponitrile.

La scelta del tema è concordata anno per anno con gli studenti.

## **METALLURGIA**

*Crediti didattici 5*

Prof. Enrico Sivieri

### *La metallurgia di processo:*

materie prime, trattamenti preliminari, pirometallurgia, idrometallurgia, elettrometallurgia, colata dei metalli e solidificazione.

### *Cenni di fisica dei metalli:*

il legame nei metalli, reticoli cristallini e metodi per il loro studio, imperfezioni reticolari, metalli e leghe allo stato liquido, solidificazione, meccanismi di rafforzamento.

Diagrammi di stato delle leghe metalliche:

la fase vapore, la fase liquida, le fasi solide, trasformazioni di fase, regole generali per l'interpretazione dei diagrammi di stato, diagramma ferro-carbonio, raffreddamenti in condizioni di non-equilibrio.

### *Trattamenti termici:*

generalità sui trattamenti termici, punti critici, esperienza di Bain, curve anisotenne, temprabilità degli acciai, strutture metallografiche degli acciai, trattamenti termici di interesse applicativo, trattamenti termici non tradizionali.

### *Metodi di studio e controllo dei metalli:*

caratteristiche meccaniche, prove di resistenza a trazione, a compressione, a flessione, a scorrimento a caldo, di durezza, di resistenza all'urto, a fatica; microscopia ottica, elettronica, analisi EDS-WDS, analisi delle superfici, controlli non distruttivi.

### *Proprietà del ferro ed influenza di eteroatomi:*

gli acciai, acciai da costruzione, per utensili, inossidabili, per usi particolari, superleghe, le ghise.

## **CONCETTI E METODOLOGIE DI SINTESI ORGANICA**

*Crediti didattici 5*

Prof.ssa Emanuela Licandro

Il corso si propone di fornire allo studente un metodo per la migliore organizzazione delle conoscenze (anche di quelle già acquisite) di chimica organica, localizzando l'attenzione su 1) *concetti*, 2) *metodi*, 3) *reagenti* di partenza necessari alla progettazione di molecole che hanno un importante ruolo nella moderna sintesi organica.

1. I *concetti* esposti nel corso includono:
  - metodi per realizzare la formazione del legame carbonio-carbonio in modo regio- e stereoselettivo; interconversione e protezione di gruppi funzionali
  - strategie per favorire la termodinamica di reazioni sfavorevoli
2. I *metodi* sintetici che verranno presentati sono stati scelti considerando aspetti di:
  - a) *applicabilità*: il metodo è stato utilizzato per sintesi complesse
  - b) *semplicità*: il metodo non è eccessivamente lungo e tedioso
  - c) *selettività*: il metodo tiene conto di alcuni principi per il controllo della selettività.
3. *Reagenti di partenza*: si utilizzerà una lista di reagenti poco costosi e commercialmente disponibili come presupposto per la progettazione di sintesi di molecole organiche.

Testi consigliati:

- Fuhrhop J., Penzlin G. *Organic Synthesis*, 1994, VCH Verlag: Weinheim, Germany (II edizione).
- Norman R., Coxon J. M. *Principi di Sintesi Organica*, 1997, Piccin editore (II edizione italiana).

## CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE DI COMPOSTI ORGANICI

Crediti didattici 5

Prof.ssa Rita Annunziata

Corso parzialmente mutuato dal Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche ed in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali. Vedi programma del corso omonimo.

## CHIMICA BIOINORGANICA

Crediti didattici 5

I modulo: prof. Michele Gullotti - II modulo: prof.ssa Tiziana Beringhelli

Corso parzialmente mutuato dal Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche ed in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali. Vedi programma del corso omonimo.

## CHIMICA ORGANICA APPLICATA

Crediti didattici 6

Prof. Stefano Maiorana

Si prendono in esame classi di prodotti biologicamente attivi di grande importanza pratica e commerciale, per ciascuna classe vengono date notizie sul meccanismo di azione, sui metodi di valutazione dell'attività biologica in vitro ed in vivo con notizie riguardanti le correlazioni struttura-attività.

Vengono descritte le più comuni vie di accesso (fermentazione, sintesi) facendo emergere le problematiche connesse.

Particolare rilievo viene dato ai criteri che indirizzano, a livello industriale, le scelte riguardanti la ricerca e sviluppo di nuovi prodotti oltre ad illustrare l'iter di sviluppo di un nuovo farmaco compresi i problemi brevettuali e di sicurezza delle reazioni e dei prodotti.

La sintesi in fase solida ed i principi della chimica combinatoria vengono discussi come nuove metodologie per la scoperta di nuovi prodotti con attività biologica.

Esperti dell'industria contribuiranno con lezioni su argomenti specifici allo svolgimento del corso.

Durante il corso potranno anche tenersi esercitazioni di vario tipo (ricerca bibliografica, progettazione di sintesi di prodotti industriali ecc.). Parte integrante del corso sarà una visita ad una Azienda chimica di chimica fine.

### *Anti-infiammatori non steroidei*

- Derivati dell'acido benzoico
- Derivati degli acidi arilacetici
- Derivati degli acidi arilpropionici
- Derivati oxicam.

*Derivati con attività antibatterica*

- Antibiotici -lattamici:
  - Penicilline e Penicilline semisintetiche
  - Cefalosporine e Cefalosporine semisintetiche
  - Penem e derivati
  - Tienamicina
  - Monobattami
- Antibiotici macrolidici
  - Eritromicina: sviluppo del processo biotecnologico di produzione. Sintesi di derivati di interesse industriale.
- Nuovi antibatterici di sintesi: derivati chinolonici
  - Chinoloni di I generazione
  - Chinoloni di II generazione
  - Nuovi antibiotici di sintesi

*Fitofarmaci*

- Caratteristiche generali, classificazione, cenni su meccanismi di azione.
- Vengono esaminati in particolare i principi attivi in relazione al loro utilizzo ed ai metodi di sintesi.
  - Fungicidi
  - Insetticidi
  - Erbicidi

**LABORATORIO DI CHIM. ORGANICA APPLICATA**

*Crediti didattici 3*

Prof.ssa Emanuela Licandro

*Parte prima* (svolta nelle lezioni del mattino)

Verranno insegnati i principi base della ricerca bibliografica, la logica della catalogazione di tutta la letteratura scientifica, la definizione di letteratura primaria e letteratura secondaria, una rassegna delle riviste più significative e utili per il chimico organico.

Si illustrerà l'utilizzo di databases specificamente elaborati ed organizzati per rendere agevole e mirata la ricerca di molecole. Si organizzeranno quindi esercitazioni pratiche di ricerca bibliografica.

*Parte seconda* (svolta in laboratorio nel pomeriggio)

Esercitazioni in laboratorio a banco singolo, si effettuerà la sintesi, a più stadi di una molecola ad attività biologica, la scelta dei reagenti e delle condizioni di reazione (solvente, temperatura, pressione, atmosfera inerte), nonché dell'isolamento dei prodotti, verrà fatta conto della fattibilità della sintesi stessa su scala industriale.

**FERMENTAZIONI E BIOTRASFORMAZIONI INDUSTRIALI CON LABORATORIO**

*Crediti didattici 5*

Dott.ssa Concetta Compagno

- Microorganismi di interesse industriale, miglioramento genetico e conservazione
- Tecnologie di coltivazione dei microorganismi: configurazione dei bioreattori, allestimento dei terreni colturali per fermentazioni industriali
- Tecniche fermentative: coltura batch, coltura continua, coltura in fed-batch, cellule ed enzimi immobilizzati
- Monitoraggio e controllo del processo: parametri aggregati e segregati
- Processi biotecnologici per la produzione di metaboliti di interesse industriale: produzione di solventi, acidi organici, aminoacidi, antibiotici.
- Produzione di proteine da organismi geneticamente modificati: scelta dell'ospite, sistemi di espressione e secrezione, strategie fermentative.
- Ingegneria metabolica come strumento per lo studio e il miglioramento del processo produttivo.
- Produzioni avanzate: prodotti commerciali da microorganismi ricombinanti

*Laboratorio:*

- Selezione e identificazione di microorganismi
- Analisi della crescita

- Trasformazione di microorganismi
- Bioconversioni
- Prodotti da DNA ricombinante

## CHIMICA ORGANICA INDUSTRIALE

Crediti didattici 5

Prof. Dario Landini

Il corso riguarda la sintesi organica, vista in chiave industriale. In particolare i processi di sintesi organica (scelta dei reagenti, dei solventi, delle condizioni operative e delle operazioni per l'isolamento e la purificazione dei prodotti) sono trattati dal punto di vista dell'applicazione industriale. Il corso comprende lo studio approfondito dei principali processi organici, *Processi Unitari*, quali nitrificazione, solfonazione, solfatazione, amminazione riduttiva, amminazione per ammonolisi e idroammonolisi. Per ognuno di questi processi vengono presentati e discussi gli aspetti generali relativi al chimismo, alla cinetica e alla termodinamica, e, per alcune delle sintesi industriali più significative, vengono presentati e discussi in dettaglio i relativi diagrammi di flusso. In tutte le operazioni di processo viene dato un rilievo particolare ai problemi relativi alla sicurezza e all'igiene. Il corso comprende anche almeno una visita agli impianti di produzione di un'industria chimica.

### Testi consigliati

- Materiale didattico fornito dal docente all'inizio del corso
- Fonti di consultazione disponibili presso la biblioteca chimica: Kirk-Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, IV ed., 1992; *Ullmann's encyclopedia of Industrial Chemistry*, VHC, V ed., 1998.

## CHIMICA DEI PRODOTTI NATURALI DI INTERESSE INDUSTRIALE

Crediti didattici 5

Modulo I: prof. Paolo Manitto - Modulo II: dott.ssa Donatella Potenza

### I Modulo: Metaboliti primari (3 CFU)

- *Proteine* – Struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria delle proteine.
- *Carboidrati* – Monosaccaridi: classificazione e struttura; mutarotazione; reazione dei gruppi ossidrilici; reazioni al centro anomero. Disaccaridi: saccarosio, maltosio, lattosio. Oligosaccaridi: ciclodestrine. Polisaccaridi: amido e cellulosa.
- *Nucleotidi* – RNA e DNA: struttura, biosintesi e trasmissione dell'informazione.
- *Lipidi* – Acidi grassi saturi, insaturi e di struttura insolita. Fosfolipidi. Prostaglandine, tromboxani e leucotrieni: struttura e rilevanza biologica.

### Metaboliti secondari

- *Terpeni* – Classificazione. Regola isoprenica strutturale. Regola isoprenica biogenetica. Isoprene attivo. Acido mevalonico ed emiterpeni. Monoterpeni cicloesani ed iridoidi. Sesquiterpeni. Diterpeni. Triterpeni. Carotenoidi.
- *Steroidi* – Trasformazione del lanosterolo in colesterolo. Steroidi naturali. Fitosteroli. Saponine. Corticosteroidi. Progestinici. Androgeni. Estrogeni.
- *Fenilpropanoidi* – Derivati della fenilalanina via acido cinnamico. Fenilpropanoidi. Lignani. Lignine. Flavonoidi.
- *Polichetidi* - Naftochinoni e antrachinoni. Antibiotici.

### II Modulo: Utilizzo della spettroscopia NMR per la determinazione strutturale di metaboliti primari e secondari. (2 CFU)

- Esperimenti monodimensionali  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$ -NMR: interpretazione dei parametri spettrali (chemical shifts e costanti di accoppiamento) per la caratterizzazione di amminoacidi, piccoli peptidi, mono e disaccaridi.
- Interpretazione di spettri bidimensionali omo ed eteronucleari  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$ -NMR (COSY, TOCSY, HETCOR) per la determinazione strutturale di metaboliti secondari.
- Determinazione della configurazione assoluta di molecole di origine naturale mediante spettroscopia NMR: reagenti chirali di shifts e reagenti derivatizzanti chirali.

### Testi consigliati:

- P. M. Dewick, *Medicinal Natural Products. A Biosynthetic Approach*, Wiley, Chichester, 1997
- P. Manitto, G. Speranza, *Elementi di Chimica delle Sostanze Organiche Naturali*, Libreria CLUED, Milano, 2001.
- H. Friebolin, *Basic one and two-dimensional NMR spectroscopy*, VCH Publishers, New York, 2001

## CHIMICA DEI PROCESSI BIOTECNOLOGICI

Crediti didattici 5

Prof. Pierfausto Seneci

Il corso tratterà di alcune metodologie avanzate chimiche o ad alto contenuto chimico, sia nel campo della ricerca di nuovi farmaci che dei processi biotecnologici, partendo da una illustrazione chiara e semplice dei principi base ed esemplificandone gli aspetti di maggiore rilevanza.

Fra i processi biotecnologici esamineremo in dettaglio il processo di scoperta di nuovi prodotti naturali, discutendo delle fonti di nuovi prodotti, delle tecniche di fermentazione ed isolamento da brodi di coltura, della determinazione di struttura e di attività dei principi attivi, delle nuove tendenze in ambito industriale per quanto riguarda la gestione e lo sviluppo dei processi biotecnologici stessi. Discuteremo anche del processo di scoperta di nuovi farmaci, evidenziando come e dove i processi biotecnologici aiutano a migliorare la qualità del processo di ricerca. Di nuovo, alcuni esempi saranno essenziali nel rendere più comprensibile l'intero processo e nel farne apprezzare l'importanza.

## **SINTESI E TECNICHE SPECIALI INORGANICHE**

*Crediti didattici 5*

Prof. Guido Banditelli

Insegnamento disattivato dall'a.a. 2004-2005

Prodotti inorganici di largo consumo: materie prime, sintesi e produzioni industriali, raffinazione, sottoprodotti, proprietà, applicazioni, mercato e prospettive.

Catalizzatori inorganici in produzioni industriali su vasta scala. Applicazioni e sviluppi di catalizzatori omogenei in chimica fine.

Classi selezionate di complessi di metalli di transizione di potenziale interesse applicativo.

Durante il corso è prevista la visita a impianti industriali.

*Principali riferimenti bibliografici:*

- W Büchner, R.Schliebs, G. Winters, K.H. Büchel, "*Industrial Inorganic Chemistry*", 2nd Ed. 1989 VCH, Weinheim (Federal Republic of Germany); Id., "*Chimica Inorganica Industriale*", 1 Ed. Ital., 1996 PICCIN (Padova).
- "*The Modern Inorganic Chemicals Industry*", R.Thompson Ed., 1977 Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- "*Industrial Inorganic Chemicals: Production and Uses*", R.Thompson Ed., 1995 Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- B.C. Gates, "*Catalytic Chemistry*", 1992 J. Wiley & Sons, New York.
- G.W. Parshall and S.D. Ittel, "*Homogeneous Catalysis*", 2nd Ed., 1992 J.Wiley & Sons, New York.
- "*Insights into Speciality Inorganic Chemicals*", D. Thompson Ed., 1995 Royal Society of Chemistry, Cambridge.

## **CHIMICA METALLOORGANICA**

*Crediti didattici 5*

Prof.ssa Maddalena Pizzotti

Il Corso intende fornire gli strumenti indispensabili per una piena comprensione dei diversi processi in cui i metalli risultano attivi (sintesi stechiometriche, cicli catalitici, composti modello, specie ad attività bio e/o farmacologia). Valutando i contenuti e gli obiettivi dell'orientamento in cui si inserisce questo corso, nonché le attuali prospettive delle produzioni industriali, un accento particolare verrà dato alle interazioni metallo carbonio e quindi alla reattività al carbonio in molecole organiche. Verranno considerati anche semplici casi di interazione metallo-idrogeno, metallo-azoto e metallo-ossigeno.

1. Generalità sul legame Metallo-Carbonio. Stabilità termodinamica e cinetica.
2. Litio, Magnesio e Alluminio alcali
3. Silicio, Stagno e Piombo alcali.
4. Il legame Metallo-carbonio nei metalli di transizione. Cenni alla teoria degli orbitali molecolari. Complessi  $\sigma$  e  $\pi$ .
5. Tipi di leganti:  $\sigma$  donatori,  $\pi$  donatori e  $\pi$  accettori.
6. Regola dei 18 elettroni
7. Complessi idrurici
8. Complessi con olefine, dieni e acetilenici.
9. Complessi con fosfine. Angolo conico.
10. Complessi carbonilici
11. Complessi ciclopentadienilici. Complessi arenici.
12. Complessi allilici, carbenici e nitrenici.
13. Complessi con diossigeno. Perosso, superosso e osso composti
14. Complessi con i Lantanidi
15. Legame Metallo-Metallo. Clusters di metalli di transizione.
16. Reazioni di scambio dei leganti.
17. Somme ossidative ed eliminazioni riduttive.
18. Reazioni di inserzione-migrazione e di trasferimento elettronico.
19. Applicazioni. Ruolo dei complessi nella catalisi omogenea, nella modellistica e nell'ottica non lineare.

## **BIOCHIMICA INDUSTRIALE**

*Crediti didattici 5 (lezioni frontali)*

Prof.ssa Vanoni Maria Antonietta

*Corso parzialmente mutuato dal Corso di Laurea in Scienze Biologiche NB: il programma si riferisce all'a.a. 2004-2005*

- 1) Introduzione alle diverse tecniche di DNA ricombinante.
- 2) Gli enzimi industriali e la loro applicazione nei settori dell'industria alimentare, nell'industria tessile e nella preparazione di detersivi.
- 3) Bioconversioni e biosensori
- 4) Biotecnologia nell'industria diagnostica.
- 5) Approcci ad ampio campo per lo screening e l'identificazione di nuovi farmaci

## **BIOLOGIA MOLECOLARE**

*Crediti didattici 5*

Corso mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Scienze Biologiche

## **POLIMERI PER APPLICAZIONI MEDICHE**

*Crediti didattici 5*

Prof.ssa Elisabetta Ranucci

*NB: il programma si riferisce all'a.a. 2004-2005*

Introduzione, cenni storici, definizioni fondamentali e requisiti generali. Classificazione in base al tipo di materiale polimerico e all'applicazione specifica. Biomateriali strutturali, interventi di riparazione o sostituzione di tessuti corporei, e organi artificiali. Ingegneria tissutale. Sistemi per il rilascio controllato di farmaci. Addotti polimerici solubili di farmaci. Aumento della selettività dei farmaci mediante direzionamento ("targeting") e localizzazione preferenziale in organi o cellule bersaglio, con riferimento particolare ai tumori.

## **FOTOCHIMICA**

*Crediti didattici 5*

Prof.ssa Elena Selli (Corso parzialmente mutuato dal Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche)

- *Introduzione (6 ore)* - Reazioni termiche e fotochimiche. La natura della luce. Stati elettronici di molecole poliatomiche.
- *Produzione e proprietà di stati eccitati (4 ore)* - Assorbimento di luce. Tempi di vita, proprietà geometriche e acido-base di stati eccitati. Energie degli stati eccitati, effetto del solvente.
- *Cammini di decadimento di stati eccitati (10 ore)* - Rilassamento vibrazionale, transizioni radiative e non radiative. Cinetica di spegnimento di stati eccitati, eccimeri e ecciplessi. Rese quantiche, cinetica e meccanismi di reazioni fotochimiche.
- *Tecniche sperimentali (4 ore)* - Sorgenti di luce convenzionali, attinometria. Lasers. Spettroscopia di luminescenza. Cenni su tecniche pulsate.
- *Processi fotochimici in natura (4 ore)* - Fotosintesi. Processo visivo. Reazioni fotochimiche nell'atmosfera e nell'inquinamento dell'aria.
- *Fotochimica di polimeri (4 ore)* - Meccanismi di fotopolimerizzazione e fotoreticolazione. Fotoiniziatori. Fotoinnesto di monomeri per la modifica superficiale di polimeri. Fotodegradazione e fotostabilizzazione di polimeri.
- *Fotocatalisi (4 ore)* - Processi fotoelettrochimici su semiconduttori, aspetti termodinamici e cinetici. La fotocatalisi nella conversione di energia solare e nella degradazione di inquinanti.
- *Altre applicazioni (4 ore)* - Fotocromismo. Sintesi fotochimiche. Il processo fotografico.

### Testi consigliati:

- A. Gilbert, J. Baggott, *Essentials of Molecular Photochemistry*, Blackwell, 1991
- R.P. Wayne, *Principles and Applications of Photochemistry*, Oxford Science Publications, 1988
- M. Klessinger, J. Michl, *Excited States and Photochemistry of Organic Molecules*, VCH, 1995

## **SCIENZA DEI METALLI**

*Crediti didattici 6*

Prof. Sergio Trasatti

### *Introduzione*

Tipi di solidi. Curve dell'energia. Solidi ionici. Solidi molecolari. Forze di dispersione. Solidi covalenti e metallici.

### *Concetti di meccanica quantistica*

Esperienze fondamentali. Natura dualistica della materia. Heisenberg. Schrodinger. Funzione d'onda. Metodo LCAO. Molecola idrogeno.

### *Teoria dell'elettrone libero*

Modello di Sommerfeld. Quantizzazione. Livello Fermi. Densità degli stati. Lavoro di estrazione elettrolitica. Potenziali di elettroni in una fase. La superficie. Effetto orientazione cristallografica. Potenziale di contatto. Statistica di Fermi-Dirac. Calore specifico elettronico.

### *Teoria delle bande*

Zone di Brillouin. Sovrapposizione. Densità degli stati. Teoria del legame di valenza. Massa effettiva dell'elettrone.

### *Conducibilità elettrica*

Interazione elettrone-fotone. Numero effettivo elettroni liberi. Classi di conduttori. Semiconduttori estrinseci ed intrinseci. Buche elettroniche. Calcolo portatori di carica. Effetto T su livello Fermi. Contatto semiconduttore-metallo. Curvatura delle bande. Stati superficiali. Polarizzazione. Effetto rettificante.

### *Cristalli ionici*

Struttura elettronica. Difetti. Centri di colore. Stechiometrici e non stechiometrici. Descrizione con la teoria delle bande.

### *Magnetismo*

Classi di sostanze magnetiche. Energia di scambio e di promozione elettronica. Interpretazione. Teoria dei domini. Teorie empiriche.

### *Diffusione*

Entropia di mescolamento. Termodinamica di formazione di vacanze. Meccanismi di diffusione. Equazioni di Fick. Effetto Kirkendall. Equazioni di Darken. Autodiffusione. Trattazione teorica coefficienti di diffusione.

### *Proprietà termiche*

Calore specifico reticolare. Calore specifico elettronico. Conducibilità termica. Meccanismi. Dipendenza della conducibilità termica della T.

### *Leghe*

Definizioni. Tipi di leghe. Descrizione generale. Teoria elettronica. Termodinamica. Energia libera e composizione. Diagrammi di stato. Relazioni con i diagrammi di energia libera. Diagrammi a miscibilità totale, con eutettico e peritettico. Variazioni della solubilità allo stato solido con la T.

### Testi consigliati per la consultazione:

- A.J. Dekker, Solid State Physics, Mac Millan.
- C. Kittel, Introduction to Solid State Physics, Wiley.
- R.E. Reed-Hill, Physical Metallurgy Principles, Van Nostrand.
- A.H. Cottrell, Scienza dei Metalli, Trad. Spinedi, Paron, Bologna.

## **CHIMICA DELLE MACROMOLECOLE**

*Crediti didattici 6 (I 3 CFU e II 3 CFU modulo)*

I modulo: Prof. Paolo Ferruti - II modulo Elisabetta Ranucci

Richiamo delle definizioni e dei concetti fondamentali sui polimeri. Metodi di sintesi dei polimeri. Polimerizzazione radicalica e controllo dei pesi molecolari. Polimerizzazione a stadi e per apertura di cicli. Polimerizzazione stereospecifica.

Proprietà in soluzione dei polimeri. Metodi per la determinazione dei pesi molecolari dei polimeri. Degradazione e stabilizzazione dei polimeri. Polimeri allo stato solido e proprietà termiche dei polimeri. Proprietà meccaniche di polimeri. Polimeri d'interesse industriale. Polimeri per usi speciali

## **LABORATORIO DI CHIM.DELLE MACROMOLECOLE**

Crediti didattici 4

Prof. Paolo Ferruti

Polimerizzazione radicalica dello stirene mediante processo in massa, soluzione ed emulsione. Sintesi del polibutilenadipato mediante polimerizzazione a stadi di acido adipico con butandiolo. Sintesi del policaprolattame mediante polimerizzazione per apertura di cicli da  $\epsilon$ -caprolattame. Polimerizzazione a stadi multifunzionale e determinazione del punto di gelazione. Determinazione dei pesi molecolari dei polimeri sintetizzati mediante cromatografia SEC. Analisi termica dei polimeri sintetizzati mediante DSC.

## **CHIMICA FISICA DEI MATERIALI**

*Crediti didattici 6*

I modulo: dott.ssa Claudia Bianchi - II modulo: dott. Alberto Vertova

I modulo (3 CFU)

In attesa programma

II modulo (3 CFU)

*Struttura della Materia*

Il legame metallico. Accenni alla teoria quantistica: atomo di Bohr; principio di indeterminazione di Heisenberg; legge di de Broglie; equazione di Schrödinger. Teoria di Drude e Lorentz; teoria di Sommerfeld; teoria delle zone di Brillouin.

*La Struttura dei Solidi Cristallini*

I materiali cristallini: reticolo cristallino e cella elementare; vettori traslazionali; definizione dei sistemi cristallini; indici di Miller; direzioni cristallografiche; diffrazione di raggi X: funzionamento e applicazioni.

*Imperfezioni nei solidi*

Difetti puntuali: vacanze, posizioni interstiziali, impurezze. Difetti lineari: dislocazioni a bordo e a vite. Difetti superficiali.

*Diagrammi di Fase*

Definizione e concetti base: regola delle fasi e diagrammi di fase a un componente. Diagrammi di fase a più componenti. Diagrammi di fase di sistemi binari isomorfi: determinazione della composizione e della quantità delle fasi. Sistemi binari eutettici.

*Proprietà elettriche e magnetiche dei metalli*

Conducibilità elettrica dei materiali: teoria delle bande. Mobilità elettronica: influenza delle impurezze e della temperatura. Richiami di magnetismo: dipoli magnetici e vettore campo magnetico. Diamagnetismo, ferromagnetismo e paramagnetismo: effetto della temperatura.

**LABORATORIO DI CHIM.FISICA DEI MATERIALI**

*Crediti didattici 4*

I modulo: dott.ssa Claudia Bianchi - II modulo: dott. Alberto Vertova

I modulo (2 CFU)

In attesa programma

II modulo (2 CFU)

*Spettroscopia di Impedenza*

Simulazione degli spettri di impedenza di circuiti RC in serie e in parallelo. Misure su circuiti elettrici contenenti resistenze e capacità.

Preparazione di pastiglie di AgI. Misura della resistenza delle pastiglie preparate, prima e dopo la transizione di fase. Determinazione dell'energia di attivazione per il processo di migrazione dell'Ag<sup>+</sup>. Analisi dei diffrattogrammi del sale acquisiti prima e dopo la transizione di fase.

Caratterizzazione del doppio strato elettrico all'interfase elettrodo/soluzione. Misura del valore di capacità del doppio strato tramite voltammetria ciclica e spettroscopia di impedenza. Determinazione delle condizioni di trasferimento di carica e di passivazione di materiali metallici.

*Caratterizzazione di un acciaio al carbonio*

Studio delle proprietà meccaniche di acciai al carbonio sottoposti a differenti trattamenti termici. Determinazione del carico di rottura. Analisi, al microscopio ottico, della morfologia della rottura e della microstruttura dei grani metallici di campioni di acciaio. Misure di microdurezza.

**CHIMICA E TECNOLOGIA DEI POLIMERI**

*Crediti didattici 5*

Prof. Giuseppe Di Silvestro

*Scopo del corso*

Lo studente alla fine del corso dovrebbe conoscere:

- a) gli aspetti chimici (meccanismo e controllo delle masse molecolari in funzione delle proprietà richieste);



- b) gli aspetti tecnologici dei processi industriali di produzione di polimeri (polimerizzazione in massa, in soluzione, in sospensione, ecc.);
- c) le proprietà e gli usi finali dei materiali polimerici più importanti;
- d) i processi di trasformazione.

Il corso utilizza le conoscenze date nell'insegnamento di chimica delle macromolecole anche se verranno ricordati, ove necessario, i concetti principali di scienza delle macromolecole.

#### *Programma del corso*

Saranno illustrati i processi industriali di produzione di polimeri tenendo conto del chimismo coinvolto (radicalico, ionico, ecc.) del meccanismo di crescita delle macromolecole (policondensazione, poliaddizione) e della tecnologia di produzione.

La maggiore attenzione sarà per i processi produttivi e di trasformazione dei polimeri e delle miscele di più elevato consumo; saranno illustrati esempi di polimeri per usi speciali (polimeri per applicazioni biomediche, per rivestimenti protettivi anticorrosione ecc.).

Principale tecniche di trasformazione dei polimeri.

Morfologia dei materiali polimerici, relazione con le proprietà per effetto dei processi di trasformazione e di compatibilizzazione.

Stabilizzazione e degradazione dei materiali e loro riciclo.

Ove possibile, saranno organizzati sia interventi di responsabili di gestione di impianti di produzione o la visita agli impianti stessi.

### **CHIMICA INORGANICA DEI MATERIALI CON LABORATORIO**

*Crediti didattici 5*

Prof.ssa Laura Prati

- Argille e materiali strutturali :strutture ed applicazioni (1 credito)
- Ossidi metallici e non metallici: metodi di preparazione, caratteristiche ed applicazioni. Sonda lambda e marmitte catalitiche. Modificazioni allotropiche del carbonio: carboni attivi e modificazioni superficiali (2 crediti)
- Metalli nobili: estrazioni, proprietà e usi. Nanoparticelle. Terre rare: fonti, estrazione, separazione ed utilizzo (1 credito)

#### Laboratorio (1 credito)

Lo scopo delle esperienze di laboratorio sarà quello di applicare le nozioni acquisite durante le lezioni in aula attraverso la preparazione di alcuni materiali e la loro caratterizzazione superficiale. Le principali tecniche di indagine verranno poi utilizzate per il riconoscimento di un materiale incognito.

### **CHIMICA DELL'AMBIENTE E DEI BENI CULTURALI**

*Crediti didattici 5*

I modulo: Dott.ssa Luisella Verotta - II modulo: Prof.ssa Silvia Bruni

#### I modulo

Green Chemistry: il contenuto del corso riguarda lo studio delle risorse naturali rinnovabili e il loro utilizzo sostenibile.

##### *1) Ecologia biochimica.*

- Mediatori chimici tra gli organismi: tossine, feromoni, fitoalessine

##### *2) Trasformazioni chimiche di rilevanza ambientale: ox, redox, biotrasformazioni.*

##### *3) Coloranti organici naturali: tessuti, pigmenti, additivi alimentari.*

- Fonti naturali: richiami biosintetici.
- Metabolismo e degradazione.

##### *4) metodologie analitiche e spettroscopiche applicate (GC, HPLC, tecniche ifenate)*

II modulo: in attesa di programma

### **FISICA DELLO STATO SOLIDO**

*Crediti didattici 5*

Corso mutuato dal Corso di Laurea in Fisica (sper.)

**PROVA DI ULTERIORI CONOSCENZE LINGUISTICHE**

*Crediti didattici 4*

Prof.ssa Patrizia Mussini

Prova a scelta tra le seguenti modalità:

- Conversazione in inglese scientifico
- Traduzione di un testo scientifico in tedesco o francese, a scelta del candidato.

**RICERCA BIBLIOGRAFICA**

*Crediti didattici 5*

Lo studente dovrà rivolgersi al relatore di tesi o ad un altro docente per l'assegnazione di un tema di ricerca, nell'ambito del curriculum scelto, e svolgere il lavoro sotto la sua guida. I risultati della ricerca saranno raccolti in un elaborato che verrà valutato da una apposita commissione presieduta dal docente responsabile.

**GESTIONE DELL'INNOVAZIONE**

*Crediti didattici 5*

In attesa nomina docente

In attesa programma

**ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE**

<b>insegnamento</b>	<b>docente</b>
Chimica industriale (approfondimento)	Dario Landini
Laboratorio di Chim. ind.(approfondim. )	Domenico Albanese
Processi e Impianti ind. chimici (approfondimento)	Paolo Beltrame
Ottimizzazione delle Risorse aziendali	In attesa nomina docente
Complementi di Matematiche	Alberto Alesina
Elettrochimica	Sergio Trasatti
Laboratorio di Elettrochimica	Patrizia Mussini
Chimica fisica della Catalisi	Lucio Forni
Laboratorio di Chim.fis.della Catalisi	Ilenia Rossetti
Corrosione e Protezione dei Materiali metallici	Enrico Sivieri
Chimica fisica dei Sistemi dispersi e delle Interfasi	Silvia Ardizzone
Termodinamica e Cinetica chimica applicate	Paolo Carniti
Catalisi industriale	Antonella Gervasini
Passaggi di Scala nei Processi chimici	In attesa nomina docente
Elettrochimica industriale	Sandra Rondinini
Metallurgia	Enrico Sivieri
Concetti e Metodologie di Sintesi organica	Emanuela Licandro
Caratterizzazione strutturale di Composti organici	Rita Annunziata
Chimica bioinorganica	Michele Gullotti
	Tiziana Beringhelli
Chimica organica applicata	Stefano Maiorana
Laboratorio di Chim.organica applicata	Emanuela Licandro
Fermentazioni e Biotrasformazioni industriali con Laboratorio	Concetta Compagno
Chimica organica industriale	Dario Landini
Chimica dei Prodotti naturali di Interesse industriale	Paolo Manitto
	Donatella Potenza
Chimica dei Processi biotecnologici	Pierfausto Seneci
Sintesi e Tecniche speciali inorganiche Insegnamento disattivato dall'a.a. 2004-2005	Guido Banditelli
Chimica metalloorganica	Maddalena Pizzotti
Biochimica industriale	Maria Antonietta Vanoni (parz. mutuato da Scienze Biologiche)
Biologia molecolare	Mutuato da Scienze Biologiche
Polimeri per Applicazioni mediche	Elisabetta Ranucci
Fotochimica	Elena Selli
Scienza dei metalli	Sergio Trasatti
Chimica delle Macromolecole	Paolo Ferruti
	Elisabetta Ranucci
Laboratorio di Chim.delle Macromolecole	Paolo Ferruti
Chimica fisica dei Materiali	Claudia Bianchi
	Alberto Vertova
Laboratorio di Chim.fisica dei Materiali	Claudia Bianchi
	Alberto Vertova
Chimica e Tecnologia dei Polimeri	Giuseppe Di Silvestro
Chimica inorganica dei Materiali con Laboratorio	Laura Prati
Chimica dell'Ambiente e dei Beni culturali	Luisella Verotta
	Bruni Silvia
Fisica dello Stato solido	Mutuato dal Corso di Laurea in Fisica (sper.)
Prova di ulteriori conoscenze linguistiche	Patrizia Mussini
Gestione dell'Innovazione	In attesa nomina docente

### Orario ricevimento dei docenti dei corsi di laurea chimici

Questo é l'orario di ricevimento dei docenti dei corsi di laurea chimici. Ovviamente, per avere informazioni più aggiornate é sempre consigliabile consultare il sito internet, poiché variazioni o nomine di nuovi docenti sono sempre possibili.

#### Leggenda

Dip.to COI =	DIPARTIMENTO DI CHIMICA ORGANICA E INDUSTRIALE Via Venezian, 21-20133 Milano - Tel. 02-70632048 - Fax 02-2364369
Dip.to CFE =	DIPARTIMENTO DI CHIMICA FISICA ED ELETTRICITÀ via Golgi 19, I-20133 Milano - Tel: 02-26603-1 - Fax: 02-70638129
Dip.to CIMA =	DIPARTIMENTO DI CHIMICA INORGANICA, METALLORGANICA E ANALITICA Via Venezian, 21 - 20133 Milano - Tel. 02-70630841 - Fax 02-2362748
Dip.to CSSI =	DIPARTIMENTO DI CHIMICA STRUTTURALE E STEREOCHIMICA INORGANICA Via Venezian, 21 - 20133 Milano - Tel. 02-70635120 - Fax 02-70635288
Dip.to MAT =	DIPARTIMENTO DI MATEMATICA Via Saldini, 50 - MILANO
BIODIP =	DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA Via Celoria, 26 - MILANO
Dip.to FISICA =	DIPARTIMENTO DI FISICA Via Celoria, 16 MILANO

docente	giorni	orario	luogo
ALESINA ALBERTO	Martedì	9.00-10.30	Dip.to MAT
	Giovedì	13.30/15.00	
ANNUNZIATA RITA	Mercoledì	10.30/12.00	Dip.to COI
ARDIZZONE SILVIA	Lunedì - Giovedì	10,30-12,30	Dip.to CFE
BANDITELLI GUIDO	Lunedì	15.30/17.30	Dip.to CIMA
	Martedì	15.30/16.30	
BELTRAME PAOLO	Lunedì	12.00/13.00	Dip.to CFE
	Martedì	11.00/13.00	
BERNARDI ANNA	Martedì - Giovedì	11-12,30	2° p - Dip.to COI
BRUNI SILVIA			Dip.to CIMA
CARNITI PAOLO	Giovedì	09.30/10.30	Dip.to CFE
	Venerdì	09.30/10.30	
CENINI SERGIO	Lunedì - Martedì - Mercoledì	9,30-10,30	1° p Dip.to CIMA
CERIOTTI ALESSANDRO	Mercoledì	14,30-17,30	Dip.to CIMA
CIANI GIANFRANCO	Lunedì - Venerdì	15-18	Dip.to CSSI
CINQUINI MAURO	Venerdì	08.30/10.30	Dip.to COI
		14.30/15.30	
COZZI FRANCO	Martedì	14,30-16,30	1° p - Dip.to COI
DANIELI BRUNO	Lunedì - Martedì	12,30-13,30	Studio - 1° p Dip.to COI
	Mercoledì	13,30-14,30	
DE STEFANO STEFANIA	Martedì	14,30-16,30 + su appuntamento previa telefonata	Dip.to COI
DE TISI FLAVIA	Martedì	12-13	Dip.to MAT
DEL BUTTERO PAOLA	Lunedì	9-12	1° p.- Dip.to COI
DESTRO RICCARDO	Lunedì - Mercoledì - Venerdì	9,30-10,30	Dip.to CFE p.t.
DI SILVESTRO GIUSEPPE	Lunedì	14.00/15.30	Dip.to COI
	Martedì	14.00/15.30	

Orario ricevimento docenti

FAITA GIUSEPPE	Martedì	10.30/12.30	Dip.to CFE
	Giovedì	10.30/12.30	
FAZIO MICHELANGELO	Lunedì	12,30-13,30	Dip.to Fisica
FERRARI MARINELLA	Giovedì - Venerdì	12,30-14,30 9-10	Dip.to COI
FERRUTI PAOLO			
FORMARO LEONARDO	Mercoledì - Giovedì - Venerdì	15-17	2 p. Dip.to CFE
FORNI LUCIO	Giovedì	11.00/12.30	Dip.to CFE
	Venerdì	11.00/12.30	
GARLASCHELLI LUIGI	Mercoledì	14,30-17,30	Dip.to CIMA - p.t.
GENNARI CESARE	Martedì	11,30-12,30 15-17	2° p. Dip.to COI
GIANINETTI ERMANNO	Martedì	11-12	Dip.to CFE
GRASSI MARIA	Mercoledì	14-16	Dip.to CIMA - p.t.
	Giovedì	15-16	
GULLOTTI MICHELE	Giovedì	09.30/12.30	Dip.to CIMA
LANDINI DARIO	Lunedì	09.30/11.30	Dip.to COI
	Martedì	09.30/11.30	
LESMA GIORDANO	Lunedì	9,30-12,30	1° p. - Dip.to COI
LICANDRO EMANUELA	Venerdì	09.00/12.00	Dip.to COI
LONGHI PAOLO	Giovedì - Venerdì	16-17.30	3° p. Dip.to CFE
MAIORANA Stefano	Venerdì	09.00/12.00	Dip.to COI
MANDELLI LUCIANO	Lunedì	14-18	Dip.to FISICA
MANITTO PAOLO	Martedì	09.30/10.30	Dip.to COI
		11.30/12.30	
MUSSINI TORQUATO			
OLIVA CESARE	Martedì	10.30-12,30	Dip.to CFE
ORSINI FULVIA	Giovedì	10,30-12,30	Dip.to CIMA
ORTOLEVA EMANUELE	Mercoledì	10,30-11,30	Dip.to CFE
PASINI ALESSANDRO	Martedì	10,30-12,30	Dip.to CIMA
PIZZOTTI MADDALENA	Martedì	15.00/17.00	Dip.to CIMA
	Giovedì	15.00/17.00	
PORTA FRANCESCA	Venerdì	14.30-17,30	1° p. Dip.to CIMA
POTENZA DONATELLA			
PRATI LAURA	Lunedì	14.00/15.00	Dip.to CIMA
	Martedì	14.00/15.00	
	Mercoledì	14.00/15.00	
RAGAINI FABIO			
RAGAINI VITTORIO	Lunedì	10.00/13.00	Dip.to CFE
RAIMONDI MARIO	Mercoledì	10,30-11,30 14-16	Dip.to CFE Ala Sud
ROBERTO DOMINIQUE	Lunedì	13.30/16.30	Dip.to CIMA
RONDININI SANDRA	Martedì	14.00/15.00	Dip.to CFE
	Giovedì	14.00/15.00	
ROSSI MICHELE	Lunedì - Martedì - Mercoledì	10.30/11.30	Dip.to CIMA
RUSSO GIOVANNI	Lunedì - Martedì (altri giorni su appuntamento)	9,30-12,30	Dip.to COI
SANNICOLO' FRANCESCO	Lunedì	15-17	Dip.to COI
SANSONI MIRELLA	Martedì	9,00-10,30	Dip.to CSSI
	Mercoledì	9,00-10,30	

Orario ricevimento docenti

SCAVINI MARCO	Martedì Giovedì	11,30-12,30 10,30-12,30	Dip.to CFE p.t.
SCOLASTICO CARLO	Martedì	10,45-12,45	Dip.to COI
SELLI ELENA	Martedì - Mercoledì	11,30-13	Dip.to CFE
SIRONI ANGELO	Lunedì - Martedì	14,30-18,30	Dip.to CSSI
SIRONI MAURIZIO	Lunedì	9,30-12,30	Dip.to CFE
SIVIERI ENRICO	Lunedì	14.00/15.30	Dip.to CFE
	Mercoledì	14.00/15.30	
SPERANZA GIOVANNA	Lunedì	09.30/12.30	Dip.to COI
TANTARDINI GIANFRANCO	Venerdì	9,30-11,30	Dip.to CFE
TRASATTI SERGIO	Mercoledì	08.30/09.30	Dip.to CFE
UGO RENATO	Venerdì	14.00/17.00	Dip.to CIMA
ZANDERIGHI GIOVANNI	Mercoledì	11-13	Dip.to CIMA
	Giovedì	11-12	