



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



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

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

---

**ANNO ACCADEMICO 2002-2003**

# INDICE

<b>PRESENTAZIONE</b> .....	<b>5</b>
<b>INFORMAZIONI GENERALI SUI CORSI DI LAUREA CHIMICI</b> .....	<b>6</b>
Colloqui di Orientamento delle Matricole .....	6
Immatricolazioni .....	6
Esoneri dalle tasse e contributi.....	6
Date di inizio e fine dei corsi .....	6
Orario Lezioni.....	6
Progetto MiniMat.....	6
Norme per il Tirocinio .....	6
Programmi degli Insegnamenti .....	6
Informazioni sulla didattica .....	6
Iscrizione agli esami e ai laboratori e presentazione dei piani di studio .....	6
Calendario appelli esami di profitto.....	7
Biblioteca Chimica.....	7
<b>CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA</b> .....	<b>8</b>
NOTE ILLUSTRATIVE AL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA .....	9
<b>ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI</b> .....	<b>10</b>
PRIMO ANNO .....	10
SECONDO ANNO .....	10
TERZO ANNO .....	11
<b>INSEGNAMENTI A SCELTA</b> .....	<b>11</b>
Propedeuticit� .....	11
<b>NORME PER IL TIROCINIO</b> .....	<b>12</b>
Prova finale.....	13
<b>PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI</b> .....	<b>14</b>
<b>PRIMO ANNO</b> .....	<b>15</b>
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE .....	15
CHIMICA GENERALE E INORGANICA.....	15
LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA .....	16
FISICA GENERALE I .....	17
CHIMICA ORGANICA I.....	19
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA I .....	20
CHIMICA ANALITICA I .....	21
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA I.....	21
CALCOLO NUMERICO .....	22
LABORATORIO INFORMATICO .....	22
<b>SECONDO ANNO</b> .....	<b>23</b>
CHIMICA FISICA I .....	23
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA I.....	23
CHIMICA INORGANICA I.....	24
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA I corso A e B .....	25
FISICA GENERALE II .....	25
CHIMICA ANALITICA II.....	26
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA .....	26
CHIMICA ORGANICA II.....	27
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA II .....	28
CHIMICA BIOLOGICA .....	29
<b>TERZO ANNO</b> .....	<b>30</b>
CONTROLLO QUALITA' E CERTIFICAZIONE .....	30
CHIMICA FISICA II .....	31
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA II .....	31
SICUREZZA E LEGISLAZIONE IN AMBITO CHIMICO.....	32
CHIMICA DELL'AMBIENTE.....	32
<b>CORSI A SCELTA</b> .....	<b>34</b>
METODI DI INDAGINE STRUTTURALE DI MATERIALI INORGANICI.....	34
CHIMICA DEI COMPOSTI DI COORDINAZIONE .....	34
STRUTTURISTICA CHIMICA.....	34

CHIMICA FISICA (COMPLEMENTI) .....	35
CHIMICA COMPUTAZIONALE.....	36
CHIMICA TEORICA (QUANTISTICA).....	37
ELETTROCHIMICA.....	37
CHIMICA ORGANICA (APPLICATA).....	38
SINTESI E TECNICHE SPECIALI ORGANICHE.....	38
CHIMICA DELLE SOSTANZE ORGANICHE NATURALI.....	39
CHIMICA DEI COMPOSTI ETEROCICLICI .....	39
CHIMICA DELLE MACROMOLECOLE .....	40
METODI FISICI IN CHIMICA ORGANICA.....	40
ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA .....	42
<b>CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA INDUSTRIALE.....</b>	<b>43</b>
NOTE ILLUSTRATIVE PER IL CORSO DI LAUREA IN CHIMICA INDUSTRIALE.....	44
ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI.....	45
PRIMO ANNO .....	45
SECONDO ANNO .....	45
TERZO ANNO .....	45
Corsi a scelta proposti e piano studi.....	46
Propedeuticit� .....	46
NORME PER IL TIROCINIO.....	46
Sessioni di ingresso al tirocinio e delle sedute di Laurea.....	47
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI .....	48
PRIMO ANNO .....	49
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE .....	49
CHIMICA GENERALE E INORGANICA.....	49
LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA .....	49
LABORATORIO DI INFORMATICA .....	50
CHIMICA ANALITICA.....	50
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA .....	51
FISICA GENERALE.....	51
CALCOLO NUMERICO .....	52
SECONDO ANNO .....	53
CHIMICA ORGANICA I.....	53
CHIMICA FISICA.....	54
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA .....	54
CHIMICA INORGANICA .....	54
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA I.....	55
CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE .....	55
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE.....	56
CHIMICA ORGANICA II.....	57
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA .....	59
TERZO ANNO .....	60
CHIMICA BIOLOGICA .....	60
CHIMICA FISICA INDUSTRIALE .....	60
CHIMICA INDUSTRIALE.....	61
LABORATORIO DI CHIMICA INDUSTRIALE .....	61
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA II.....	62
PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI.....	62
LABORATORIO DI PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI .....	63
ECONOMIA, ORGANIZZAZIONE AZIENDALE E DIRITTO INDUSTRIALE.....	63
CORSI A SCELTA.....	64
SICUREZZA NELL'AMBIENTE DI LAVORO E STRUMENTAZIONE CHIMICA.....	64
GESTIONE AZIENDALE .....	64
ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA INDUSTRIALE.....	65
<b>CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE .....</b>	<b>66</b>
NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE .....	67
ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI.....	68
PRIMO ANNO .....	68

SECONDO ANNO .....	68
TERZO ANNO .....	68
Insegnamenti opzionali attivati per l'a.a. 2002/03 .....	69
Propedeuticità. ....	69
NORME PER IL TIROCINIO .....	69
Sessioni di ingresso al tirocinio e delle sedute di Laurea.....	70
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI .....	72
PRIMO ANNO .....	73
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE .....	73
CHIMICA GENERALE E INORGANICA.....	73
LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA .....	73
LABORATORIO DI INFORMATICA .....	74
FISICA GENERALE.....	74
CHIMICA ANALITICA CON LABORATORIO.....	74
CHIMICA ELETTROANALITICA CON LABORATORIO .....	75
CHIMICA ORGANICA .....	75
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA.....	76
SECONDO ANNO .....	77
CHIMICA FISICA.....	77
CHIMICA FISICA DELLE INTERFASI.....	77
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA .....	77
CHIMICA INORGANICA E DEI MATERIALI INORGANICI CON LABORATORIO.....	78
CHIMICA AMBIENTALE, SICUREZZA E LEGISLAZIONE.....	78
CONTROLLO AMBIENTALE.....	79
COMPOSTI ORGANICI DI INTERESSE INDUSTRIALE CON LABORATORIO.....	80
CHIMICA BIOLOGICA E BIOTECNOLOGIE .....	81
ANALISI CHIMICA STRUMENTALE .....	81
ANALISI DI STRUTTURE MOLECOLARI .....	82
TERZO ANNO .....	83
TECNOLOGIE INDUSTRIALI DI DISINQUINAMENTO .....	83
ELEMENTI DI IMPIANTI CHIMICI.....	83
CHIMICA ORGANICA FINE E MACROMOLECOLARE .....	84
CONTROLLO QUALITÀ E CERTIFICAZIONE.....	84
PROPRIETÀ INDUSTRIALE .....	84
CORSI OPZIONALI .....	85
METODI DI INDAGINE STRUTTURALE DI MATERIALI INORGANICI.....	85
CHIMICA INORGANICA AVANZATA E METALLORGANICA.....	85
CHIMICA ANALITICA (APPLICATA AI BENI CULTURALI) .....	86
ECOLOGIA E TOSSICOLOGIA.....	86
METODOLOGIE DI SINTESI ORGANICA.....	86
SOSTANZE NATURALI E APPLICAZIONI INDUSTRIALI .....	87
SINTESI ORGANICA A BASSO IMPATTO AMBIENTALE.....	88
AUSILIARI E MATERIALI POLIMERICI.....	88
SPETTROSCOPIA E FOTOCHIMICA APPLICATE.....	88
TECNOLOGIE ELETTROCHIMICHE AMBIENTALI .....	89
MATERIALI STRUTTURALI PER L'INDUSTRIA CHIMICA .....	89
CALCOLO NUMERICO .....	90
ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE .....	91

<b>Orario ricevimento dei docenti dei corsi di laurea chimici .....</b>	<b>92</b>
---	-----------

## **PRESENTAZIONE**

Questa é la Guida illustrativa dei tre Corsi di Laurea Chimici dell'Università degli Studi di Milano: Corso di Laurea Triennale in Chimica, Corso di Laurea Triennale in Chimica Industriale e Corso di Laurea Triennale in Chimica Applicata e Ambientale.

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 2002, ma eventuali variazioni - sempre possibili - saranno esposte nelle bacheche della Segreteria Didattica dei Corsi di Laurea (Via Venezian, 21 - Milano - tel. 02 70632014) aperta al pubblico dal lunedì al venerdì, dalle ore 10 alle 12.

## INFORMAZIONI GENERALI SUI CORSI DI LAUREA CHIMICI

### Colloqui di Orientamento delle Matricole

Ulteriori informazioni sui corso di laurea chimici saranno date da alcuni docenti nel corso dei *Colloqui di Orientamento delle Matricole*, previsti nella prima metà di settembre 2002. Data, ora e luogo di svolgimento saranno comunicati dalla Segreteria Didattica.

### Immatricolazioni

I moduli per l'immatricolazione si ritirano e si consegnano compilati presso la Segreteria Studenti di Facoltà in via Celoria 20, Milano (orario 9.00-12.00). Dal 15 luglio p.v., inoltre, sarà attivata la procedura di *immatricolazione online*, accessibile dal sito internet <http://www.matricola.unimi.it>.

### Esoneri dalle tasse e contributi

Per informazioni sulla possibilità di usufruire dell'esonero dal pagamento delle tasse universitarie e contributi consultare il sito internet <http://studenti.unimi.it/segreterie/esonero.htm>

### Date di inizio e fine dei corsi

- 1° semestre: 30 settembre 2002 – 18 gennaio 2003
- 2° semestre: 3 marzo 2003 – 14 giugno 2003

### Orario Lezioni

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

### Progetto MiniMat

Per l'a.a. 2002/2003 è attivato un progetto, denominato *MiniMat*, per il recupero della preparazione minima di base di matematica rivolto alle matricole della Facoltà di Scienze. Tale progetto vuole offrire agli studenti, in particolare a quelli con lacune in matematica, opportunità di recupero per facilitare il loro ingresso all'Università.

*MiniMat* prevede dapprima una prova di accertamento delle nozioni matematiche di base, mediante un test facoltativo a risposta multipla. Successivamente, a coloro che hanno evidenziato lacune verrà offerto un minicorso di 18 ore, nel quale verranno rivisti gli argomenti di base. Tale attività si svolgerà in settembre, prima dell'inizio delle lezioni.

### Norme per il Tirocinio

Ogni corso di laurea prevede, con diverse modalità e durate, lo svolgimento di un tirocinio. Per conoscere i dettagli fare riferimento alle specifiche norme previste nell'ambito di ciascun corso di laurea.

### 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 e presentazione dei piani di studio

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.

I piani di studio si presentano, salvo casi particolari, tramite terminale SIFA.

### Calendario appelli esami di profitto

A.A. 2002/2003	Gennaio 2003	1 appello	I Sessione
	Febbraio 2003	2 appelli	”
	Giugno 2003	1 appello	”
	Luglio 2003	2 appelli	”
	Settembre 2003	2 appelli	II Sessione
	Gennaio 2004	1 appello	”

### Biblioteca Chimica

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

- 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.

Nel 2002/3 vengono attivati tutti e tre gli anni di corso.

**PRIMO ANNO**

<b>insegnamento</b>		<b>crediti</b>
<b>I semestre</b>		
Istituzioni di Matematiche	<1>	9
Chimica Generale e Inorganica	<2>	7
Laboratorio di Chimica Generale e Inorganica		5
Fisica Generale I	<3>	7
<b>II semestre</b>		
Chimica Organica I	<4>	7
Laboratorio di Chimica Organica I		5
Chimica Analitica I	<5>	7
Laboratorio di Chimica Analitica I		5
Calcolo Numerico	<6>	5 <sup>1</sup>
Laboratorio Informatico	<7>	3

**SECONDO ANNO**

<b>insegnamento</b>		<b>crediti</b>
<b>I semestre</b>		
Chimica Fisica I	<8>	7
Laboratorio Chimica Fisica I		5
Chimica Inorganica I	<9>	7
Laboratorio di Chimica Inorganica I		5
Fisica Generale II	<10>	7
<b>II semestre</b>		
Chimica Analitica II	<11> <sup>1</sup>	6
Laboratorio di Chimica Analitica II		4
Chimica Organica II	<12>	7
Laboratorio di Chimica Organica II		5
Chimica Biologica	<13>	7

<sup>1</sup> Gli studenti immatricolati nell'a.a. 2000-2001 alla Laurea Quinquennale in Chimica e che sono stati automaticamente iscritti nell'a.a. 2001-2002 al II anno della Laurea Triennale, avendo (norma transitoria) recuperato i corsi "Chimica Analitica I" e "Laboratorio di Chimica Analitica I" al 2° semestre dell'a.a. 2001-2002, seguiranno i corsi "Chimica Analitica II" e "Laboratorio di Chimica Analitica II", previsti al II anno, nel 2° semestre del III anno. Per riequilibrare il carico didattico di quest'ultimo semestre, uno dei due corsi a scelta verrà anticipato al 1° semestre.

**TERZO ANNO**

Insegnamento		crediti
<b>I semestre</b>		
Accertamento lingua Inglese	<14>	3
Controllo Qualità e Certificazione	<15>	6
Chimica Fisica II	<16>	7
Laboratorio di Chimica Fisica II		5
Sicurezza e legislazione in ambito chimico	<17>	6
<b>II semestre</b>		
Chimica dell' Ambiente	<18>	6
Tirocinio		9
Prova Finale		6

**corsi a scelta del terzo anno**

Corso a scelta	<19>	6
Corso a scelta	<20>	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.

**INSEGNAMENTI A SCELTA**

	insegnamento	crediti	semestre
1.	Metodi di indagine strutturale di materiali inorganici <sup>(1)</sup>	6	I
2.	Chimica dei composti di coordinazione	6	II
3.	Strutturistica chimica	6	II
4.	Chimica Fisica (complementi)	6	I
5.	Chimica computazionale	6	I
6.	Chimica teorica (quantistica)	6	II
7.	Elettrochimica	6	II
8.	Chimica Organica (applicata)	6	I
9.	Sintesi e tecniche speciali organiche	6	I
10.	Chimica delle sostanze organiche naturali	6	II
11.	Chimica dei composti eterociclici	6	II
12.	Chimica delle macromolecole <sup>(2)</sup>	6	II
13.	Metodi Fisici in Chimica Organica	6	I

<sup>(1)</sup> mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica Applicata e Ambientale

<sup>(2)</sup> mutuato dal Corso di Laurea quinquennale in Chimica Industriale

Entro il 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 12 crediti a loro disposizione.

**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.

## NORME PER IL 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**

Per essere ammesso a svolgere il tirocinio lo studente deve aver conseguito un numero minimo di 132 CFU.

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.

#### *Durata del tirocinio*

Il tirocinio sia interno che esterno deve avere una durata di effettive 225 ore.

#### *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 ammissioni al tirocinio decorrono dal 1° marzo 2003, 1° luglio 2003, 1° ottobre 2003 e 1° dicembre 2003.

Le domande di ammissione al tirocinio, complete di tutta la documentazione richiesta, devono essere presentate tassativamente alla Segreteria Didattica entro, rispettivamente, il 15 gennaio 2003, il 15 maggio 2003, il 15 luglio 2003 ed il 15 ottobre 2003. Verranno accettate le domande di studenti anche in difetto dei CFU necessari per l'ammissione al tirocinio purché detti studenti si impegnino a maturarli entro e non oltre la data ufficiale di inizio del tirocinio. Lo studente che si trovasse in questa situazione e' tenuto a comunicare in tempo utile al Presidente della Commissione Tirocini l'avvenuto conseguimento dei CFU mancanti.

#### *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.

### **Prova finale**

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: luglio 2003, ottobre 2003, dicembre 2003, febbraio 2004, aprile 2004.

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

Altre lauree specialistiche di area chimica sono:

- CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE
- SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI

## **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 Raoult. 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 (1,26 CFU di lezioni + 2,62 CFU di esercitazioni + 1,12 CFU di esperienze 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. Rendimento, 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: 10 ore di lezione teorica (1.26 crediti), 42 ore di esercitazioni numeriche (2.62 crediti) e 7 esperienze di laboratorio che non richiedono ulteriore studio a casa (28 ore, 1.12 crediti). La maggior parte della 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, unità, campioni, dimensioni*

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

#### *2. Vettori*

Grandezze scalari e vettoriali. Algebra vettoriale: somma, differenza, componenti, versori, prodotto scalare e vettoriale.

#### *3. Teoria degli errori*

Errori sistematici e casuali. Accuratezza e precisione. Valor medio. Errore assoluto, relativo, percentuale. Deviazione standard. Precisione percentuale. Curva di Gauss. Propagazione degli errori: errore percentuale di grandezze misurate indirettamente.

#### *4. Cinematica*

Punto materiale: vettori posizione e spostamento. Legge oraria del moto. Equazioni parametriche. Equazione della traiettoria. Velocità media e istantanea. Accelerazione media e istantanea. Moto rettilineo uniforme. Moto uniformemente accelerato, moto vario, moto curvilineo, moto circolare uniforme. Moto armonico semplice. Leggi orarie e rappresentazioni grafiche dei vari moti. Moto dei gravi: leggi di Galileo; gittata, quota massima e tempo di volo. Moto su piano inclinato. Accelerazione tangenziale e centripeta e loro origine. Forza centripeta.

#### *5. Dinamica del punto*

Massa inerziale. Inerzia. Forza. Principio di inerzia. Legge fondamentale della dinamica. Principio di azione e reazione: punto di applicazione delle forze; forze centripete. Metodi di misura di masse e di forze. Forze elastiche, legge di Hooke; il dinamometro. Molle ideali e loro collegamenti. Forze di attrito. Pendolo semplice. Unità e dimensioni delle grandezze introdotte.

#### *6. Centro di massa e quantità di moto*

Centro di massa. Baricentro. Moto del centro di massa e principi di conservazione. La legge fondamentale della dinamica per sistemi a massa variabile. Quantità di moto e principio di

conservazione. Impulso e forze impulsive; teorema dell'impulso e della quantità di moto. Urti e loro classificazione geometrica.

#### *7. Lavoro ed Energia*

Lavoro di una forza costante e variabile. Lavoro elementare. Funzioni di stato e differenziali esatti. Lavoro come area. Lavoro motore e resistente. Forze motrici e resistenti. Energia cinetica e relativo teorema. Forze posizionali o conservative: criteri di riconoscimento e condizioni di Schwartz. Energia potenziale e campi conservativi. Teorema dell'energia potenziale. Energia meccanica totale e principio di conservazione dell'energia. Estensione al caso di forze dissipative. Energia potenziale di gravità. Energia potenziale elastica. Potenza. Classificazione degli urti dal punto di vista energetico: urti elastici e anelastici. Equilibrio in campi conservativi. Moto di un sistema massa-molla. Energia nel moto armonico. Legge di gravitazione universale. Forza gravitazionale: sua conservatività e sua forma vettoriale. Energia potenziale gravitazionale ed energia totale gravitazionale.

#### *8. Dinamica dei corpi rigidi*

Corpo rigido. Sistemi discreti e continui. Moto traslatorio e rotatorio. Momento meccanico. Coppia. Momento angolare. Energia cinetica di corpi rigidi in rotazione. Momento d'inerzia. Lavoro e potenza nei moti rotatori.

#### *9. Fluidi*

Modello di fluido perfetto. Pressione. Legge di comprimibilità. Legge della viscosità. Principio di isotropia. Principio di Pascal. Tensione superficiale. Regimi di moto. Equazione di continuità; portata di massa e di volume. Principio di Bernoulli. Principio di Stevino. Principio di Archimede ed equilibrio dei galleggianti. Esperimento di Torricelli. Legge di Torricelli. Capillarità: legge di Jurin-Borelli. Leggi di Poiseuille.

#### *10. Calore e temperatura*

Calore. Temperatura. Conduttori e isolanti termici. Equilibrio termico. Scale Celsius, Fahrenheit e Kelvin. Leggi empiriche dei gas. Lo zero assoluto. Dilatazione termica. Termometri. Relazione fondamentale della termologia. Calore specifico. Capacità termica. Equivalenza calore- lavoro: mulinello di Joule. Propagazione del calore. Legge di Fourier: conducibilità termica. Calorimetri e thermos. Equilibrio termico di miscugli: temperatura di equilibrio, calore specifico e capacità termica del miscuglio. Cambiamenti di stato: calori latenti e scambi di calore.

#### *11. Teoria cinetica dei gas perfetti*

Modello di gas perfetto. Legge di Joule-Clausius. Velocità quadratica media. Energia interna di un gas perfetto. Equazione di stato di Clapeyron. Gradi di libertà e principio di equipartizione dell'energia. Distribuzione delle velocità di Maxwell. Definizione cinetica della temperatura.

#### *12. Primo principio della termodinamica*

Trasformazioni aperte e cicli. Equazioni di stato e funzioni di stato. Carattere di una trasformazione: reversibilità e irreversibilità. Lavoro di espansione. Le più importanti trasformazioni termodinamiche. Primo principio per sistemi qualsiasi. L'energia interna in termodinamica. Primo principio per un gas perfetto. Energia interna di un gas perfetto e confronto con quella della teoria cinetica: l'espansione libera di un gas perfetto. Calori specifici molari dei gas perfetti: la relazione di Mayer e l'equipartizione dell'energia. Trasformazioni adiabatiche e le equazioni di Poisson. Calcoli di quantità di calore, lavori e variazioni di energia interna.

#### *14. Secondo principio della termodinamica*

Trasformazioni calore-lavoro. Cicli termodinamici e loro rappresentazione nel piano  $(p,V)$ . Macchine termiche e macchine frigorifere: loro schemi. Macchina operante tra  $n$  temperature. Il II principio nelle formulazioni di Kelvin, Planck e Clausius. Il II principio e la irreversibilità.

#### *14. Entropia*

Disuguaglianza di Clausius. Integrali di Clausius. Il concetto di entropia. Variazioni entropiche nelle varie trasformazioni: formula universale. Entropia e reversibilità, entropia e lavoro, entropia e disordine.

## 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. Elementi prostereogenici. 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 •, • -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 e anellazione di Robinson.(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, inc., 1992.
- W.H.Brown, *Chimica Organica*, EdiSES, 1997.

**LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA I**

*Crediti didattici 5*

Prof.ssa Giovanna Speranza

Il corso pratico sarà preceduto da 16 ore di esercitazioni in aula in cui verranno trattati i seguenti argomenti:

Problemi di sicurezza nel laboratorio di chimica organica. Analisi elementare quantitativa, determinazione della formula minima, determinazione del numero di insaturazione, peso e formula molecolare. Cenni di spettroscopia (IR, UV) per la caratterizzazione dei gruppi funzionali organici. 6h  
Introduzione alle seguenti tecniche sperimentali: cristallizzazione, estrazione con solvente, distillazione semplice e frazionata, nel pieno e sotto vuoto, cromatografia su strato sottile e su colonna. 6h

Problemi sperimentali collegati alle seguenti esperienze: separazioni di gruppi funzionali in base alla loro pK, reazioni di ossidazione di alcoli, reazione di riduzione di composti carbonilici, reazioni di condensazione aldolica e crotonica, reazioni di sostituzione nucleofila S<sub>N</sub>1 e S<sub>N</sub>2. 4h

*Esercitazioni di laboratorio 64h*

1) Esecuzione individuale da parte dello studente delle operazioni fondamentali del laboratorio di chimica organica, quali: la determinazione del punto di fusione, la cristallizzazione, l'estrazione con solvente, la distillazione semplice e frazionata, nel pieno e sotto vuoto, la cromatografia su strato sottile, la cromatografia su colonna.

2) Esecuzione da parte dello studente di alcune delle più comuni reazioni della chimica organica.

3) Caratterizzazione dei prodotti sintetizzati mediante spettroscopia IR.

*Libro di testo*

- R. M. Roberts, J. C. Gilbert, S. F. Martin, *Chimica Organica Sperimentale*, Zanichelli, Bologna, 1999

*Libri consigliati per la consultazione*

- G. Poli, G. Giambastiani, *Chimica Organica dalla Teoria alla Pratica*, Ghedini Libraio, Milano
- L. F. Fieser, K. L. Williamson, *Organic Experiments*, D. C. Heath and Company, Lexington, Massachusetts
- D. J. Pasto, C. R. Johnson, *Laboratory Text for Organic Chemistry*, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey

## **CHIMICA ANALITICA I**

*Crediti didattici 7*

Insegnamento mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica Industriale.

## **LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA I**

*Crediti didattici 5*

Dott.ssa Patrizia Mussini

Esercitazioni numeriche su preparazione di soluzioni a titolo noto ed elaborazione e trattamento statistico dei dati analitici [Totale 12 ore]

Esperienze pratiche:

Analisi volumetrica: preparazione di soluzioni standard, titolazioni acido base, titolazioni con formazione di complessi, titolazioni per precipitazione, titolazioni per ossidoriduzione [Totale 28 ore]

Conduttimetria: taratura del conduttimetro, misure dirette di conducibilità specifica e molare, titolazioni conduttimetriche acido/base [Totale 4 ore]

Potenziometria: costruzione di elettrodo ionoselettivo, sua taratura e uso per determinazione diretta di p(ione); standard e misure dirette di pH, titolazioni acido/base seguite per pH-metria; titolazioni per ossidoriduzione e per precipitazione seguite potenziometricamente; titolazione complessometrica seguita potenziometricamente, durezza totale e parziale delle acque e indice di Langelier; analisi completa di un campione di acqua minerale commerciale [Totale 20 ore]

## **CALCOLO NUMERICO**

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

Prof.ssa Flavia De Tisi

- Errori, numeri macchina, stabilità (2 ore)
- Sistemi lineari. Metodi diretti (eliminazione di Gauss, fattorizzazione  $A=LU$ ). Metodi iterativi (Jacobi, Gauss-Seidel). (6 ore)
- Equazioni non lineari. Metodi di bisezione, secanti, Newton, punto fisso. (2 ore)
- Approssimazione polinomiale di funzioni e dati. Formule di Lagrange e Newton, errore di interpolazione. Funzioni splines. Minimi quadrati. (10 ore)
- Concetti statistici elementari. (3 ore)
- Integrazione numerica. Formule di Newton-Cotes (punto medio, trapezi, Cavalieri-Simpson), formule composite.
- Equazioni differenziali ordinarie. Metodi ad un passo (Eulero, Heun, Runge – Kutta.) 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*

### *1. Nozioni di base e primo approccio all'uso di un calcolatore.*

Tassonomia dei calcolatori. Struttura hardware di un PC. Struttura della memoria: memoria centrale e di massa, cache, memoria virtuale. Il software: algoritmi ed elementi di programmazione. Il sistema operativo di un PC. Il file system. Memorizzazione e rappresentazione delle informazioni: codifica di numeri, caratteri, immagini, suoni, filmati. Uso di editor.

### *2. Nozioni generali sulle reti di calcolatori e applicazioni Internet.*

Cenni sulle reti di calcolatori. TCP/IP, protocolli applicativi, servizi internet, HTML. Browser, siti WEB, motori di ricerca, e-mail, riviste elettroniche, OPAC.

### *3. Strumenti per la elaborazione di dati.*

I fogli elettronici ed uso di Excel (calcoli e generazione di grafici). Nozioni sulle basi di dati ed uso elementare di Access. L'ambiente integrato di Office.

## 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, -precisati 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, ammoniaca, 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 (1 CFU per 8 ore di lezioni + 4 CFU per 64 ore di esercitazioni)*

Prof. Alessandro Ceriotti – Prof. Alessandro Pasini

a) lezioni (1 credito, 8 ore) + esercitazioni (1 credito, 16 ore) in aula.

Il ciclo di lezioni ed esercitazioni in aula tratta alcuni argomenti ad integrazione del corso di Chimica Inorganica (1° corso), ossia:

*Acidi e basi*

reazioni acido-base, acidi e basi di Broensted, acidità in fase gassosa, in fase acquosa, affinità protonica, effetto livellante dell'acqua, forza acida, acidi e basi di Lewis, acidi e basi in solventi non acquosi, teoria hard-soft, parametri di Drago-Wayland.

*Ossidazioni e riduzioni*

reazioni di ossidazione-riduzione, ossidanti e riducenti, estrazione degli elementi tramite riduzione e ossidazione, potenziali standard di riduzione, equazione di Nerst, stabilità redox in acqua, disproporzionamento, ossidazione in ossigeno atmosferico, redox in solventi non acquosi, sistemi solventi ossidanti e riducenti, rappresentazioni di Latimer, Frost, Pourbaix, effetto della formazione di complessi e di prodotti insolubili sui potenziali.

*Chimica sistematica dei metalli*

proprietà generali dei metalli, i metalli del blocco *s*, *d* e del gruppo 12.

*Cenni di magnetismo*

Vengono inoltre illustrati, in via preliminare, gli aspetti teorici riguardanti le esperienze di laboratorio.

b) esercitazioni in laboratorio (3 crediti, 48 ore).

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 Lina Zuffi

- Forza Elettrica - Campo Elettrostatico (4 ore)
- Lavoro Elettrico - Campo Elettrostatico (4 ore)
- Legge di Gauss (2 ore)
- Conduttori - Energia Elettrostatica (2 ore)
- Dielettrici (4 ore)
- Corrente Elettrica (2 ore)
- Forza Magnetica - Campo Magnetico (4 ore)
- Sorgenti del Campo Magnetico - Legge di Ampere (4 ore)
- Proprietà Magnetiche della Materia (4 ore)
- Campi Elettrici e Magnetici Variabili nel Tempo (4 ore)
- Oscillazioni Elettriche - Correnti Alternate (2 ore)

- Onde Elettromagnetiche (4 ore)
- Riflessione e Rifrazione delle Onde (2 ore)
- Interferenza (4 ore)
- Diffrazione (2 ore)

Esercitazioni (16 ore) - Risoluzione di Problemi

Testi consigliati:

- P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, "FISICA", vol.II, EdiSES
- 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 (4 ore)

Spettrometria di massa inorganica (4 ore)

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

Spettroscopia elettronica (assorbimento nell'UV-visibile e luminescenza) (6 ore)

Spettroscopia vibrazionale (IR e Raman) (6 ore)

Spettroscopia di risonanza magnetica nucleare (6 ore)

Spettrometria di massa analitica (6 ore)

*Tecniche con microsonda e per analisi di superficie*

Spettroscopia di fotoelettroni a raggi X e spettroscopia Auger (3 ore)

Microscopia elettronica e analisi con microsonda elettronica (1 ora)

*Tecniche di analisi strutturale*

Diffrazione di raggi X su polveri (2 ore)

Illustrazione pratica del funzionamento della strumentazione presentata nel corso delle lezioni (4 ore)

Testi consigliati

D. A. Skoog, J. J. Leary, *Chimica Analitica Strumentale*, EdiSES, Napoli, 1995.

F. Cariati, *Lezioni di Chimica Analitica*, Edizioni CUSL, Milano.

R. Kellner, J.-M. Mermet, M. Otto, H. M. Widmer, *Analytical Chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim, 1998 (la versione italiana sarà prossimamente pubblicata da EdiSES).

## **LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA**

*Crediti didattici 4*

- corso A Prof. Gianmaria Zanderighi
- corso B in attesa docente

*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*

Prof.ssa Luisa Garanti

*Amminoacidi, peptidi e proteine*

Struttura, proprietà, sintesi e reattività degli amminoacidi. Determinazione della struttura di peptidi e loro sintesi. Proteine. (5 ore)

*Carboidrati*

Monosaccaridi, stereochimica e notazioni configurazionali. Anomerismo. Glicosidi. Reazioni dei monosaccaridi: formazione di eteri, esteri, riduzione, ossidazione, allungamento della catena, accorciamento della catena. Dimostrazione di Fischer. Disaccaridi, polisaccaridi. (5 ore)

*Sistemi aromatici carbociclici*

Benzene: aromaticità, risonanza, regole di Hückel. Sistemi aromatici non benzenoidi, sistemi antiaromatici. Reazioni con stati di transizione aromatici. Sistemi aromatici policiclici. Nomenclatura. (4 ore)

*Sostituzione elettrofila aromatica*

Meccanismo. Reazioni di protonazione, alogenazione, nitratura, solfonazione, reazioni di Friedel-Crafts. Orientamento nelle poli-sostituzioni, fattori parziali di velocità. (5 ore)

*Sostituzioni nucleofile aromatiche*

Meccanismi operanti nelle sostituzioni nucleofile aromatiche: addizione-eliminazione ed eliminazione-addizione. (2 ore)

*Derivati aromatici*

Areni, alogenoderivati, metalloarili, nitroderivati, ammine, sali di diazonio, fenoli, acidi arilsolfonici, aldeidi, chetoni, acidi carbossilici e cenni sulle correlazioni extratermodinamiche, chinoni. (12 ore)

*Sistemi eterociclici*

Anelli eterociclici a tre, quattro, cinque termini. Anelli eteroaromatici a cinque termini: furano, pirrolo, tiofene, imidazolo, ossazolo e loro sistemi benzocondensati. Anelli eteroaromatici a sei termini: piridina, chinolina, isochinolina, diazine, basi puriniche. Derivati di interesse biologico contenenti anelli eterociclici. Alcaloidi. (12 ore)

*Polichetidi*

Cenni su: lipidi, terpeni e steroidi, eicosanoidi. (2 ore)

*Polimeri*

Cenni sui principali materiali polimerici. (2 ore)

*Reazioni pericicliche*

Cicloaddizioni: reazioni di Diels-Alder, [2+2], 1,3-dipolari. Reazioni elettrocicliche. Reazioni sigmatropiche. (3 ore).

Ogni lezione comprende un tempo dedicato ad esercizi sull'argomento trattato per un totale di circa 8 ore di esercitazioni.

Testi consigliati:

- Streitwieser Jr., C. Heathcock, E. Kosower, *Chimica Organica*, Edises, Napoli, 1995.
- S. Ege, *Chimica Organica*, Edizioni Sorbona, Milano, 1994.
- W.H. Brown, *Chimica Organica*, EdiSES, Napoli, 1996.

**LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA II**

*Crediti didattici 5 (80 ore)*

Prof. Giordano Lesma

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.

**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

## TERZO ANNO

### 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.
- Individuare il valore della certificazione nelle imprese di oggi.
- Introdurre la conoscenza delle norme dei sistemi di gestione per la qualità.

#### *Parte 1 - Storia del concetto di qualità -1h*

- Il concetto artigianale della qualità
- Il concetto di qualità dopo l'epoca industriale.
- Definizione attuale di qualità in ambito organizzativo.

#### *Parte 2 - Enti di formazione e certificazione -2h*

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

#### *Parte 3 - Misure e prove - 14 h*

- Misure, prove, controlli e collaudi.
- Campionamenti: criteri e modalità
- Piani di ispezione e prova, di campionamento, di controllo, di collaudo
- Gli strumenti di misura.
- La raccolta dei dati.
- Le carte di controllo per le applicazioni specifiche dei casi sperimentali.

#### *Parte 4 - Le norme dei sistemi di gestione della qualità - 14 h*

- UNI EN ISO 9001:2000 - Sistemi di gestione per la qualità - Requisiti
- UNI EN 150 9004:2000 - Sistemi di gestione per la qualità - Linee guida per il miglioramento delle prestazioni
- UNI EN 150 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

#### *Parte 5 - La gestione della qualità nelle attività di realizzazione di un prodotto - 14 h Pianificazione e ottimizzazione delle attività:*

- piani della qualità
- procedure operative e istruzioni operative
- DOE: Design Of Experiments
- Gestione di materiali, macchine, attrezzature La produzione di serie
- La produzione di prototipi

#### *Parte 6 - Sistemi integrati - 3h*

- Cenni ai sistemi integrati qualità, sicurezza e ambiente.

#### Testi consigliati

- NORMA ITALIANA UNI EN 150 9001 :2000

- NORMA ITALIANA UNI EN ISO 9004:2000
- NORMA ITALIANA UNI EN ISO 9000:2000
- Elenco di siti consigliati (distribuito a lezione)
- Appunti dalle lezioni

Lectures consigliate per approfondimento

- Joseph M. Juran - *La qualità nella storia* - Sperling & Kupfer
- *Conoscere le ISO 9000:2000 Trasformare un sistema qualità con l'approccio per processi* - UNI
- Dennis R.Arter - *Gli audit sulla qualità: tecniche e procedure per migliorare le performance* - Franco Angeli

## **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. Molecolarità 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.

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

*Crediti didattici* 6

In attesa programma e docente

## **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

Corso parzialmente mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica Applicata e Ambientale.

### **CHIMICA DEI COMPOSTI DI COORDINAZIONE**

Crediti didattici 6 (48 ore di lezioni)

Prof. Alessandro Ceriotti

#### *Argomenti di carattere generale (12 ore)*

Introduzione e sviluppo storico. Numeri di coordinazione e relative geometrie. Classificazione dei leganti: monodentati e ambidentati, polidentati chelanti e macrociclici, eteri a corona e criptanti. Tipi di isomeria dei complessi. Stabilità termodinamica e cinetica dei complessi: costanti di formazione parziali e globali, effetto chelante e macrociclico.

#### *Descrizione dei principali leganti e complessi (12 ore)*

Leganti  $\pi$ : CO, isocianuro, cianuro, diazoto, NO. Leganti al fosforo: basicità, potere  $\pi$ -accettore, angolo conico. Complessi con legami multipli M-L: ossocomplessi, complessi ammidici, nitrenici, nitruirici, complessi carbenici, carbonici. Complessi  $\pi$  con : alcheni, polieni, alchini, leganti enilici e polienilici, leganti carbociclici aromatici ( $C_3 - C_8$ ). Perosso e superosso complessi. Alcosso complessi e  $\beta$  dichetonati. 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 ammoniacca liquida

#### *Metalli di transizione (24 ore)*

Proprietà dei metalli di transizione. Metodi di sintesi dei complessi. 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. Numero di elettroni di valenza nei complessi : regola dei 18 elettroni, stato di ossidazione formale. Reattività dei complessi: reazioni di sostituzione nei complessi ottaedrici e quadrato-planari, effetto trans, influenza trans, correlazioni tra labilità/inerzia e configurazione elettronica di M, ring slippage e reazioni di sostituzione in complessi a 17 e 19 elettroni. Reazioni di trasferimento elettronico: meccanismo a sfera interna e a sfera esterna. Non rigidità stereochimica nei complessi. Principali tipi di reazioni nei cicli catalitici: addizione ossidativa, eliminazione riduttiva, migrazione-inserzione.

#### 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)
- Purcell , Kotz – *Inorganic Chemistry* - ed. Holt-Saunders (1977)
- (capp.9-17)

### **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. Operazione di simmetria traslazionale: reticoli e spazi vettoriali. compatibilità della simmetria puntuale con quella traslazionale: sistemi e classi cristallini, gruppi di simmetria spaziali o cristallografici. I cristalli come disposizione ordinata di oggetti atomici. Cella elementare e reticolo cristallino.

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

1. Produzione, assorbimento, diffusione dei raggi X: scattering Thomson e Compton, fluorescenza.
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 geometrica della trasformata, sue caratteristiche. Trasformata di raggruppamenti semplici e fattori di struttura.
3. Trasformata di un cristallo: la funzione di diffrazione reticolare; condizioni di Laue, equazione di Bragg; geometria della diffrazione da parte dei cristalli.
4. Intensità. Legge di Friedel, assenze sistematiche, fattori influenti sulle intensità diffratte: Lorentz-polarizzazione, temperatura e assorbimento.
5. Tecniche diffrattometriche per polveri e cristallo singolo; geometria delle camere e dei diffrattometri automatici relativi ai due metodi.
6. Il problema della fase: serie di Patterson e metodi diretti.
7. Metodi di affinamento dei parametri strutturali. Analisi dei risultati, accuratezza dei dati.

### *Le esercitazioni riguardano:*

- a) rappresentazione matriciale delle operazioni di simmetria e loro composizione, matrice metrica e suo utilizzo, costruzione del reticolo reciproco, trasformazioni di base.
- b) determinazione di cella reale e gruppo cristallografico utilizzando lastre di camera a precessione per cristallo singolo e consultando il I volume delle Tabelle Internazionali di Cristallografia.
- c) analisi di mappe Patterson per strutture con atomi pesanti e determinazione delle coordinate di posizione in cella.

### Testi consigliati

- Giacovazzo 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 calcolatore (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*

Operatori lineari: proprietà e loro applicazioni.

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. I principi di Heisenberg. Pacchetto d'onda e sua evoluzione. Effetto tunnelling.

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 (8 ore)

Verranno inoltre illustrati una serie di esempi per i vari argomenti illustrati (16 ore)

Testi consigliati:

- P.W. Atkins e R.S. Friedman, *Molecular Quantum Mechanics*, Oxford (1997).
- T.N. Levine, *Quantum Chemistry*, 4th Ed. Prentice Hall International (1991).

**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)*

Prof. Cesare Gennari

*I modulo (CFU5; ore 40)*

Il corso si propone di sviluppare le conoscenze di base della Chimica Organica (corsi di Chimica Organica I e II) ed integrarle nel campo della sintesi organica.

- costruzione del legame C-C (alchilazione di carboni nucleofili, enolati, enammine; addizione coniugata; reazioni di addizioni nucleofila al carbonile, aldolica, Wittig, ilidi dello zolfo)
- interconversione di gruppi funzionali per sostituzione nucleofila

*II modulo (CFU 1; ore 8)*

Il corso si propone inoltre di insegnare agli studenti a pianificare una sintesi organica, a partire dalla molecola-obiettivo fino ad arrivare ai possibili materiali di partenza. Le reazioni utilizzate saranno principalmente quelle di interconversione dei gruppi funzionali e di costruzione dei legami carbonio-carbonio approfondite nella prima parte del corso.

Libri 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 (5 CFU per 40 ore lezioni frontali + 1 CFU per 16 ore di esercitazioni)

Prof. Scolastico Carlo

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.

Eossidazione, 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 difunzionalizzati. 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*

Prof. Manitto Paolo

Metaboliti primari (16 ore)

*Proteine* - Struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria delle proteine.

*Carboidrati* - Monosaccaridi : classificazione e struttura; mutarotazione; reazioni 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 (32 ore)

Principali reazioni *in vivo* : aspetti meccanicistici e stereochimici. Reazioni redox, ioniche, radicaliche. Cammini biosintetici e strategie biosintetiche. Metodi di indagine nello studio della biosintesi delle sostanze naturali. Uso dei traccianti : radiosotopi 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. Ormoni degli insetti. Corticosteroidi. Progestinici. Androgeni. Estrogeni.

*Fenilpropanoidi* - Derivati della fenilalanina via acido cinnamico. Fenilpropanoidi. Lignani. Lignine. Neoflavonoidi. Isoflavonoidi.

*Polichetidi* - Naftochinoni e antrachinoni. Antibiotici.

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 (5.5 di lezioni + 0.5 di esercitazioni)*

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. (15 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. (7 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.). (9 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.). (9 ORE)

5. Gli eterociclici quali sintoni nella sintesi organica. (4 ORE)
6. Esercitazioni sulla sintesi di derivati eterociclici. (8 ORE)

*Testi consigliati:*

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

## **CHIMICA DELLE MACROMOLECOLE**

Mutuato dal Corso di Laurea Quinquennale in Chimica Industriale

*Crediti didattici 6 (5.5 CFU per 44 ore di lezione frontale + 0.5 CFU per 8 ore di esercitazione)*

Prof. Paolo Ferruti

1. definizioni generali
2. masse molecolari: valori medi e distribuzione
3. processi di sintesi dei polimeri
4. policondensazione e poliaddizioni a stadi
5. polimerizzazioni a catena
6. polimerizzazione radicalica
7. polimerizzazioni ioniche
8. copolimerizzazione
9. degradazione e stabilizzazione dei polimeri
10. polimeri in soluzione e determinazione dei pesi molecolari dei polimeri
11. applicazioni biomediche e farmacologiche dei polimeri

Prove scritte di apprendimento non obbligatorie (di regola tre) saranno effettuate durante il corso.

*Testi consigliati:*

- AIM - "Macromolecole scienza e tecnologia", Pacini Editore  
F.W. Billmeyer, "Textbook of Polymer Science", John Wiley & Sons

## **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 1 CFU di esercitazioni

*Tecniche pulsate in RMN. - 1 CFU (8 ore)*

Il comportamento di un insieme di nuclei in un campo magnetico continuamente variabile. Equazione di Bloch per  $M_y$  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. 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  $T_1$  e  $T_2$ : inversion recovery e spin echo. Significato strutturale dei tempi di rilassamento. Misura quantitative negli spettri  $^{13}\text{C}$ .

*Tecniche RMN multipulsate mono- e bidimensionali 1 CFU (8 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. Spettroscopia bidimensionale correlata eteronucleare ( $^1\text{H}, ^{13}\text{C}$ -COSY) ed omonucleare ( $^1\text{H}, ^1\text{H}$ -COSY). L'effetto nucleare Overhauser e l'esperimento NOESY.

*I parametri degli spettri RMN - 1 CFU (8 ore)*



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.

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. Analisi di sistemi di spin degenerati attraverso bande satelliti di  $^{13}\text{C}$  e sostituzione H-D. Cenni sul calcolo dei sistemi di spin di ordine superiore: AB,  $A_2B$ , ABX,  $AA'XX'$ . Spettri con sistemi di spin ingannevolmente semplici. Accoppiamenti virtuali

*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.
- 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. 1 CFU (8 ore)*

Descrizione di uno strumento E/I-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. 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.*

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.

*Il processo di ionizzazione delle molecole e Teoria del Quasi Equilibrio (QET). 1 CFU (8 ore)*

Ionizzazione adiabatica e verticale (principio di Frank-Condon. 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:  $\sigma$ ,  $\alpha$ , 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,

**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	Giovanna Speranza
Chimica Analitica I	Elio Desimoni
Laboratorio Chimica Analitica I corso	Patrizia Mussini
Calcolo Numerico	Flavia De Tisi
Laboratorio Informatico	
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	Lina Zuffi
Chimica Analitica II	Silvia Bruni
Laboratorio di Chimica Analitica II Corso A	Gianmaria Zanderighi
Laboratorio di Chimica Analitica II Corso B	
Chimica Organica II	Luisa Garanti
Laboratorio Chimica organica II	Giordano Lesma
Chimica Biologica	Zippel Renata
Controllo Qualità e Certificazione	
Chimica Fisica II	Leonardo Formaro
Laboratorio di Chimica Fisica II	Riccardo Destro
Sicurezza e Legislazione in Ambito Chimico	
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)	Cesare Gennari
Sintesi e Tecniche Speciali Organiche	Scolastico Carlo
Chimica delle Sostanze Organiche Naturali	Manitto Paolo
Chimica dei Composti Eterociclici	Piero Dalla Croce
Chimica delle Macromolecole	Paolo Ferruti
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. Nel manifesto annuale degli studi è precisato il dettaglio di questa attività, che comprende lezioni, esercitazioni numeriche, 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.

Nel 2002/3 vengono attivati tutti e tre gli anni di corso.

**PRIMO ANNO**

<b>1° Semestre</b>			
<i>codice</i>	<i>insegnamento</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>esami e prove</i>
	Istituzioni di Matematiche	9	<1>
	Chimica Generale ed Inorganica	7	<2>
	Laboratorio di Chimica Generale ed Inorganica	5	
	Prova di Lingua Inglese	3	<prova 1>
	Laboratorio di Informatica	3	<3>
<b>2° Semestre</b>			
	Chimica Analitica	7	<4>
	Laboratorio di Chimica Analitica	5	
	Fisica Generale	9	<5>
	Calcolo Numerico	7	<6>
	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>
	Chimica Organica 1° corso	7	<8>
	Chimica Fisica	7	<9>
	Laboratorio di Chimica Fisica	5	
	Chimica Inorganica	8	<10>
	Corso a scelta	5	<11>
<b>2° Semestre</b>			
	Laboratorio di Chimica Organica 1° corso	5	<8>
	Chimica Analitica Strumentale	7	<12>
	Laboratorio di Chimica Analitica Strumentale	5	
	Chimica Organica 2° corso	7	<13>
	Laboratorio di Chimica Inorganica	4	<10>

**TERZO ANNO**

<b>1° Semestre</b>			
<i>codice</i>	<i>insegnamento</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>esami e prove</i>
	Chimica Biologica	6	<14>
	Chimica Fisica Industriale	7	<15>
	Chimica Industriale	7	<16>
	Laboratorio di Chimica Industriale	4	
	Laboratorio di Chimica Organica II	5	<17>
<b>2° Semestre</b>			
	Processi e Impianti Industriali Chimici	7	<18>
	Laboratorio di Processi e Impianti Industriali Chimici	4	
	Economia, Organizzazione Aziendale, Diritto Industriale	5	<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
- Gestione aziendale (raccomandato al 2° anno) 5 CFU

All'inizio del secondo semestre del primo anno di corso gli studenti presentano il piano di studi individuale indicante in qual modo intendono utilizzare i 10 crediti a loro disposizione.

### 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 quello di “*Chimica organica 2° corso*”. Si consiglia, comunque, di sostenere gli esami di ciascun semestre prima di sostenere quelli dei semestri successivi.

## NORME PER IL 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*

Per essere ammesso a svolgere il tirocinio lo studente deve aver conseguito un numero minimo di 132 CFU.

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.

*Durata del tirocinio*

Il tirocinio sia interno che esterno deve avere una durata di effettive 225 ore.

*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 ammissioni al tirocinio decorrono dal 1° marzo 2003, 1° luglio 2003, 1° ottobre 2003 e 1° dicembre 2003.

Le domande di ammissione al tirocinio, complete di tutta la documentazione richiesta, devono essere presentate tassativamente alla Segreteria Didattica entro, rispettivamente, il 15 gennaio 2003, il 15 maggio 2003, il 15 luglio 2003 ed il 15 ottobre 2003. Verranno accettate le domande di studenti anche in difetto dei CFU necessari per l'ammissione al tirocinio purché detti studenti si impegnino a maturarli **entro e non oltre** la data ufficiale di inizio del tirocinio. Lo studente che si trovasse in questa situazione e' tenuto a comunicare in tempo utile al Presidente della Commissione Tirocini l'avvenuto conseguimento dei CFU mancanti.

*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: luglio 2003, ottobre 2003, dicembre 2003, febbraio 2004, aprile 2004.

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

Altre lauree specialistiche di area chimica sono:

- SCIENZE CHIMICHE
- 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.

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

*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.

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

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

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

*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.

#### Testi consigliati:

- per il Corso: C. Pagani e S. Salsa: *MATEMATICA*. Ed. 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*

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).

- 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.
- Soluzioni (5 li): modi di esprimere le concentrazioni; equivalenti chimici in reazioni acido-base e di ossidoriduzione; diluizioni e miscelamenti; impiego delle soluzioni titolate.
- Gas ideali (5 h): leggi dei gas ideali; miscugli gassosi.
- Soluzioni ideali, proprietà colligative (2 h): legge di Raoult; ebullioscopia, crioscopia; pressione osmotica.
- Termochimica (1 h): calorimetria, legge di Hess, bilancio termico.
- 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.
- 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.
- 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

### **LABORATORIO DI INFORMATICA**

*Crediti didattici 3*

Prof.ssa Anna Maria Zanaboni

Programma identico a quello dell'omonimo insegnamento attivato presso il Corso di Laurea in Chimica.

### **CHIMICA ANALITICA**

*Crediti didattici 7*

Prof. Elio Desimoni

#### *Introduzione*

La Chimica Analitica. Concetto d'errore massimo accettabile (EMA). Impostazione dei bilanci di massa, protonico, elettronico e di carica; impostazione del sistema di n equazioni in n incognite per il calcolo della concentrazione delle specie presenti in soluzione. La procedura analitica totale. Parametri di qualità dei dati analitici. Esercitazioni numeriche.

#### *Valutazione dei dati analitici*

Errori nell'analisi quantitativa; trattazione statistica di misure replicate; introduzione ai test statistici; presentazione dei risultati, cifre significative. Esercitazioni numeriche.

#### *Equilibri acido-base*

Equazioni esatte e/o approssimate per il calcolo del pH e/o delle concentrazioni delle specie presenti in soluzioni contenenti uno o più acidi forti o deboli, mono o poliprotici, una o più basi (forti o deboli), un sale acido, un amminoacido, una soluzione tampone. Calcolo del punto isoelettrico ed isoionico degli amminoacidi. Costruzione dei diagrammi di distribuzione e delle frazioni di coppie coniugate acido-base e loro applicazioni nella risoluzione di problemi inerenti agli equilibri in soluzione. Esercitazioni numeriche.

#### *Titolazioni acido-base*

Derivazione delle equazioni delle curve di titolazione in funzione della frazione titolata  $\phi$ , e dell'errore di titolazione ( $\phi-1$ ) al punto d'arresto, nel caso di titolazioni di un acido forte o debole monoprotico con una base forte e viceversa. Titolazione di acidi poliprotici. Selezione dell'indicatore più conveniente in funzione dell'EMA. Esempi di applicazioni pratiche. Esercitazioni numeriche.

*Equilibri e titolazioni di precipitazione*

Solubilità. Dipendenza della solubilità dalla forza ionica; effetto dello ione comune; solubilità di sali di acidi o basi deboli; meccanismi di precipitazione; tipi di precipitati; coagulazione e peptizzazione dei colloidi; coprecipitazione e postprecipitazione; lavaggio, essiccamento, incenerimento. Precipitazione omogenea; precipitazione frazionata. Derivazione delle equazioni delle curve di titolazione e dell'errore di titolazione al punto d'arresto nel caso di titolazioni di precipitazione simmetriche. Dipendenza delle curve di titolazione dalla concentrazione e dal prodotto di solubilità. Titolazioni di Mohr, Volhard e Fajans. Selezione dell'indicatore più conveniente in funzione dell'EMA. Esempi di applicazioni pratiche. Esercitazioni numeriche.

*Equilibri e titolazioni di complessazione*

Generalità sugli equilibri di complessazione; diagrammi di distribuzione di specie complesse; dissoluzione di precipitati mediante complessazione; chelati e agenti chelanti; costanti di formazione termodinamiche, stechiometriche e condizionali. Titolazioni di complessazione. Indicatori metallocromici. Esempi di applicazioni pratiche. Esercitazioni numeriche.

*Elementi di elettrochimica e titolazioni di ossidoriduzione*

Origine del potenziale elettrodo. La convenzione di Stoccolma. Potenziali elettrodi standard. Elettrodi di I, II e III specie, elettrodi a membrana. La misurazione del pH. Calcolo approssimato delle curve di titolazione di ossidoriduzione simmetriche e asimmetriche. Indicatori per titolazioni redox. Esempi di applicazioni pratiche. Esercitazioni numeriche.

*Conduttimetria*

Introduzione alla conduttimetria. Conducibilità delle soluzioni. Celle e costanti di cella. Misurazione della conducibilità. Esempi di titolazioni conduttimetriche.

Testo consigliato:

- E. Desimoni, *Chimica Analitica. Equilibri ionici e fondamenti di analisi quantitativa*. CLUEB, Bologna
- Appunti del docente

**LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA**

*Crediti didattici 5*

Dott.ssa Patrizia Mussini

Esercitazioni di trattamento statistico dei dati. Esperienze pratiche di titolazioni, potenziometria e conduttimetria.

**FISICA GENERALE**

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

Prof. Ettore Gadioli

*Meccanica (25 ore di lezione e 6 ore di esercitazioni)*

Misura di 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. Corpi rigidi. Idrostatica. Fluidodinamica.

*Elettromagnetismo (23 ore di lezione e 6 ore di esercitazione)*

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

*Ottica (16 ore di lezione e 4 ore di esercitazione)*

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

*Le esercitazioni consisteranno nella risoluzione di problemi.*

Testo consigliato:

- Halliday, Resnick e Walker, *Fondamenti di fisica*, Casa Editrice Ambrosiana

## **CALCOLO NUMERICO**

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

Prof.ssa Flavia De Tisi

- Errori, numeri macchina, stabilità. Operatori elementari. (4 ore)
- Sistemi lineari. Metodi diretti (eliminazione di Gauss, fattorizzazione  $A=LU$ ). Metodi iterativi (Jacobi, Gauss-Seidel). (6 ore)
- Equazioni non lineari. Metodi di bisezione, secanti, Newton, punto fisso. (2 ore)
- Approssimazione polinomiale di funzioni e dati. Formule di Lagrange e Newton, errore di interpolazione. Funzioni splines, funzioni B-splines. Minimi quadrati. (11 ore)
- Concetti statistici elementari. (3 ore)
- Integrazione numerica. Formule di Newton-Cotes (punto medio, trapezi, Cavalieri-Simpson), formule composite. Formule di Gauss (cenno). (4 ore)
- Equazioni differenziali ordinarie. Metodi ad un passo (Eulero, Heun, Runge – Kutta.). Metodi a più passi, Predictor-Corrector. (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

*Legami covalenti.* Ibridazione  $sp^3, sp^2$  e  $sp$  del carbonio. Nomenclatura delle principali classi di composti organici.

Stereoisomeria: Enantiomeri e diastereoisomeri. Chiralità e simmetria. Nomenclatura di stereoisomeri. Risoluzione di racemi. Reazioni stereospecifiche e reazioni stereoselettive. Risoluzione cinetica e "sintesi asimmetrica".

Cinetica e meccanismi. Controllo termodinamico e cinetico. Intermedi e stati di transizione. Ioni carbonio, carbanioni, carbeni, radicali al Carbonio. Effetti induttivi e coniugativi.

*Alcani.* Reazioni radicaliche: alogenazione. Sintesi di alcani.

*Alcheni:* meccanismi di addizioni elettrofile (regio e stereochimica), trasposizioni di ioni carbonio. Idrogenazione, idroborazione, ozonizzazione, ossidrilazione, epossidazione, ciclopropanazione. Alogenazione allilica. Sintesi di alcheni.

Dieni coniugati: il concetto di risonanza. Cenni ai composti aromatici.

Addizioni 1,2- e 1,4. Cicloaddizioni

*Alchini:* acidità di 1-alchini. Addizioni di alogeni, acqua, alcoli, tioli, borani, acidi alogenidrici. Idrogenazione. Sintesi di alchini. Cicloalcani: aspetti sintetici e analisi conformazionale.

*Alogenoderivati:* Reazioni di sostituzione nucleofila e eliminazione (regole di Saytzeff e Hoffmann). Sintesi da alcani, alcheni e alcoli. Composti organo-metallici: Natura del legame carbonio-elemento. I

reattivi di Grignard. litio, zinco e cadmio-alchili, cuprati.

*Alcoli:* Acidità e basicità; trasformazione in eteri, esteri, alogenuri; disidratazione, ossidazione. Trasposizione pinacolonica. Sintesi: da composti carbonilici ed esteri con organometallici, idratazione di alcheni, riduzione di carbonili, idrolisi di esteri. Sintesi di glicoli.

*Eteri:* Proprietà chimiche. Sintesi da alcoli e alcheni.

Ossirani: Meccanismo e stereochimica dell'apertura dell'anello

epossidico. Sintesi da alcheni e da composti carbonilici.

*Aldeidi e chetoni:* Proprietà chimiche: polarità del doppio legame C-O, 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 ad alcoli, pinacoli, idrocarburi. Ossidazione di aldeidi. Sintesi di aldeidi e chetoni. Composti carbonilici alfa-beta insaturi: addizioni 1-2 e 1-4 (reazioni di Michael).

*Acidi carbossilici e derivati.* Acidità e basicità. Reazioni di addizione-eliminazione. Reazioni di solvolisi. Reazioni di esteri, acil cloruri ed ammidi con organometallici. Riduzione ad alcoli, aldeidi, ammine. Condensazione di Claisen. Alfa-alogenazione di acidi carbossilici. Sintesi di esteri, cloruri acilici, ammidi, e acidi.

Sintesi acetoacetica e sintesi malonica.

*Nitrili:* Sintesi e reattività.

*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, Acilazidi e Diazochetoni:* sintesi e reattività. Trasposizioni anionotropiche.

*Amminoacidi*: proprietà acido-base, sintesi, risoluzione ottica, sintesi asimmetrica. Formazione di peptidi.

*Carboidrati*: Monosaccaridi: struttura, proprietà, rappresentazioni steriche. Cenni ai polisaccaridi.  
*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*, Ed. Sorbona, Milano 1995

### **CHIMICA FISICA**

*Crediti didattici 7*

Corso mutuato dal Corso di Laurea in Chimica Applicata e Ambientale. Vedi programma del corso omonimo.

### **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. Renato Ugo

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.

**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.ssa Anna Bernardi

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*

Polarografia e Voltammetria (2 ore) - Introduzione e basi teoriche. Applicazioni quali e quantitative.  
Introduzione ai metodi spettrofotometri (2 ore) - Teoria quantistica applicata alla spettroscopia.  
Strumentazione.

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.

Spettroscopia fotoelettronica (2 ore) - Teoria e fondamenti. Strumentazione. Spettri fotoelettronici.

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 di laboratorio + 1 CFU di lezioni)*

Prof. Michele Gullotti

Preparazione e titolazione di soluzioni standard 4 ore

#### *Metodologie polarografiche e voltammetriche*

- Determinazione di metalli pesanti in soluzione 4 ore
- Determinazione di Vitamina C nei succhi di frutta 4 ore

#### *Metodologie spettroscopiche UV-Vis*

- Applicazione della legge di Lambert-Beer ad una miscela di due componenti in soluzione 4 ore
- Determinazione spettrofotometrica del pKa di un indicatore 4 ore
- Determinazione del ferro in vari componenti 4 ore

#### *Metodologie spettroscopiche IR*

- Determinazione quantitativa di una miscela di xileni 4 ore



- Riconoscimento qualitativo delle frequenze di gruppo di composti organici 4 ore

*Metodologie spettroscopiche di assorbimento atomico*

- Determinazione in tracce di metalli in soluzione 4 ore

*Metodologie cromatografiche*

- Separazione e determinazione di una miscela organica per HPLC 4 ore
- Determinazione gas-cromatografica di una miscela di composti organici (standard interno) 4 ore
- Determinazione gas-cromatografica di una miscela di composti organici (normalizzazione interna) 4 ore

*Verranno inoltre effettuate registrazioni e interpretazioni di spettri*

- di Risonanza magnetica nucleare (NMR) 4 ore
- di Massa (MS-CI) 4 ore
- di Spettroscopia Raman 4 ore
- di Spettroscopia di Fluorescenza 4 ore

Le rimanenti sedici ore saranno utilizzate per lezioni ed 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  $^{13}\text{C}$  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, solfossidi 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, ossidrilie, alogeno, ecc.)

*Imidazolo, Pirazolo, Isossazolo.*

Sintesi e selettività nei riguardi di reagenti elettrofili e nucleofili

Eventuale reattività specifica nei gruppi funzionali (metile, ammino, mercapto, ossidrilie, 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. Teoria di Maxwell e Boltzmann. Processi di trasporto nei liquidi. Proprietà fisiche dei fluidi. Processi fluenti stazionari. Equaz. del bilancio energetico. Equaz. del moto dei fluidi: di continuità, di Navier-Stokes, di Eulero, di Bernoulli. Moto dei fluidi nei condotti, resistenza al moto, equaz. Di Fanning. Moto laminare e turbolento. Misure relative al moto dei fluidi. Moto isotermico di gas viscoso. Moto di fluidi attraverso masse porose, equaz. Di Blake-Kozeny, di Burke-Plummer, di Ergun. Filtrazione. Fluidizzazione. Compressione dei gas.
- Trasferimento di calore ed applicazioni (1 CFU): Conduzione stazionaria. Trasmissione del calore nei fluidi. Convezione: coefficienti liminari. Scambiatori di calore. Proprietà termodinamiche del vapor d'acqua. Irraggiamento. Trasmissione di energia raggianti fra superfici solide. Irraggiamento di gas e vapori.
- Trasferimento di massa ed applicazioni (1,5 CFU): Diffusione, leggi di Fick. Equaz. 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: teoria del doppio film e della penetrazione. Trasferimento di massa e calore all'interno di masse solide porose.

*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 da laboratorio e loro accessori. 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;
- 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

Chimica industriale inorganica. Chimica industriale organica. Chimica macromolecolare.

## **LABORATORIO DI CHIMICA INDUSTRIALE**

*Crediti didattici 4*

Prof.ssa Elisabetta Ranucci

Il laboratorio si articolerà in due moduli, riguardanti rispettivamente la produzione su scala medio piccola di composti organici a bassa peso molecolare, rappresentanti prodotti di massa della chimica industriale e la produzione di polimeri. L' $\epsilon$ -caprolattame prodotto nel corso del primo modulo verrà utilizzato come monomero per la produzione di nylon 6 nel corso del secondo modulo.

*Acido adipico*

La produzione di acido adipico seguirà due metodologie industriali indipendenti:

Ossidazione nitrica del cicloesano ad acido adipico, seguita da purificazione e smaltimento dei sottoprodotti di reazione.

Ossidazione di cicloesene con acqua ossigenata catalizzata da tungstato di sodio (0.1%) in un sistema eterogeneo acquoso-organico in presenza di un agente di trasferimento di fase. Questa seconda metodica porta a rese quasi quantitative in condizioni di reazione blande ( $T=70-90^{\circ}\text{C}$ ) con reagenti non inquinanti.

*$\epsilon$ -Caprolattame*

La produzione di  $\epsilon$ -caprolattame prevede la conversione del cicloesanone nella corrispondente ossima e la trasformazione di quest'ultima nell' $\epsilon$ -caprolattame secondo due metodologie industriali indipendenti:

Una procedura tradizionale, che prevede l'uso di acido solforico con conseguente necessità di smaltire il solfato di ammonio prodotto.

Una procedura innovativa, che prevede l'uso di catalizzatori a base di acidi solidi facilmente riciclabili.

*Sintesi di Nylon 6*

Sintesi a bassa pressione ed alta temperatura in atmosfera inerte, con uso di piccole quantità di acido aminocaproico come iniziatore della reazione.

*Sintesi di Nylon 6,6*

Reazione di polimerizzazione in eterofase a partire da adipoil cloruro ed esametilendiammina.

*Sintesi di polistirene mediante processo in soluzione e massa*

Reazione di polimerizzazione radicalica condotta in soluzione toluenica a varia concentrazione in monomero. Studio dell'effetto del trasferimento di catena sull'andamento dei pesi molecolari.

*Sintesi di polistirene mediante processo in emulsione*

Reazione di polimerizzazione radicalica condotta in emulsione diretta in presenza di sodio dodecil solfato come tensioattivo e potassio per solfato come iniziatore.

## **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*

- Prima parte: prof. Vittorio Ragaini
- Seconda parte: prof. Paolo Beltrame

Prima parte (3,5 crediti)

*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 (crediti 1 - 9 ore)*

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 (crediti 1 - 9 ore)*

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 (crediti 1, 5 - 13 ore)*

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.

Seconda parte (3,5 crediti)

*Cinetica applicata (1 credito- 9 ore)*

Richiami di Cinetica chimica. Reazioni a stadi.

Catalisi acido-basica. Catalisi enzimatica. Catalisi eterogenea. Adsorbimento fisico e chimico. Modelli cinetici per le reazioni catalitiche. Limitazioni diffusive, efficacia dei catalizzatori.

*Processi e reattori chimici (2,5 crediti - 22 ore)*

Schemi di processo. Simboli e sigle. Schemi di regolazione. Bilanci di massa e di energia.

Reattori discontinui. 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. Cenni ai modelli di reattori continui a mescolamento parziale.

Impianto pilota, impianto industriale: passaggi di scala.

Testi consigliati

- O. Levenspiel, *Chemical Reaction Engineering*, Wiley, New York, 1999.

**LABORATORIO DI PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI**

*Crediti didattici 4*

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

**ECONOMIA, ORGANIZZAZIONE AZIENDALE E DIRITTO INDUSTRIALE**

*Crediti didattici 5*

Fabrizio Minoja

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. Anacleto Gianantonio - Dott.ssa Amedea Manfredi

#### Sicurezza del laboratorio chimico e protezione ambientale

(Dott. A. Gianantonio – 3 crediti)

La sicurezza nei laboratori chimici: perché, programmi, organizzazione.

Il rischio come funzione della pericolosità e della esposizione.

La tossicità: definizione, gli indicatori, le fonti di informazione.

Etichettatura delle sostanze pericolose; le schede di sicurezza dei prodotti chimici.

Il controllo dell'esposizione.

Corretto uso delle cappe di laboratorio.

I solventi: purezza, criteri di scelta, proprietà, pericolosità, infiammabilità, biodegradabilità e parametri ossidativi.

Leggi ambientali; la Merli, i rifiuti, il DPR 175:88, il DPR 203:88 e le emissioni in atmosfera.

Maneggio dei gas.

Rischi da radiazioni elettromagnetiche.

#### Strumentazione chimica di laboratorio e industriale

(Dott.ssa A. Manfredi – 2 crediti)

Teoria della distillazione. Distillazione frazionata, miscele azeotropiche, distillazione in corrente di vapore, 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.

Estrazione con solventi. Estrazione in continuo.

Trappole per l'assorbimento di gas.

Cristallizzazione. Filtri. Filtrazione sotto vuoto.

Essiccamento.

Liofilizzazione.

Autoclavi.

Valvole e connessioni.

Misure di pressione, di portata, di temperatura.

### **GESTIONE AZIENDALE**

*Crediti didattici 5*

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	Anna Maria Zanaboni
Chimica Analitica	Elio Desimoni
Laboratorio di Chimica Analitica	Patrizia Mussini
Fisica Generale	Ettore Gadioli
Calcolo Numerico	Flavia De Tisi
Chimica Organica 1° corso	Mauro Cinquini
Chimica Fisica	Giorgio Fiori
Laboratorio di Chimica Fisica	Antonella Gervasini
Chimica Inorganica	Renato Ugo
Laboratorio di Chimica Organica 1° corso	Anna Bernardi
Chimica Analitica Strumentale	Michele Gullotti
Laboratorio di Chimica Analitica Strumentale	Michele Gullotti
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
Laboratorio di Chimica Organica II	Emanuela Licandro
Processi e Impianti Industriali Chimici	Vittorio Ragaini
	Paolo Beltrame
Laboratorio di Processi e Impianti Industriali Chimici	Vittorio Ragaini
Economia, Organizzazione Aziendale, Diritto Industriale	Fabrizio Minoja
Sicurezza nell'ambiente di lavoro e strumentazione chimica	Anacleto Gianantonio
	Amedea Manfredi
Gestione aziendale	Luigi Cattini

**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 esplicitare 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.*

Nel 2002/3 vengono attivati tutti e tre gli anni di corso.

**PRIMO ANNO**

<b>insegnamento</b>		<b>crediti</b>
<b>I semestre</b>		
Istituzioni di matematiche	<1>	9
Chimica generale e inorganica	<2>	9
Lab. chim. generale e inorganica		6
Laboratorio di Informatica	<3>	3
<b>Totale</b>		<b>27</b>
<b>II semestre</b>		
Fisica Generale	<4>	8
Chimica Analitica con laboratorio	<5>	5
Chimica Elettroanalitica con laboratorio		5
Chimica Organica	<6>	7
Laboratorio Chimica Organica		5
Prova lingua inglese	<prova 1>	3
<b>Totale</b>		<b>33</b>

**SECONDO ANNO**

<b>Insegnamento</b>		<b>crediti</b>
<b>I semestre</b>		
Chimica Fisica	<7>	7
Chimica Fisica delle Interfasi		2
Laboratorio di chimica Fisica		5
Chimica Inorganica e dei Materiali Inorganici con laboratorio	<8>	7
Chimica Ambientale, Sicurezza e Legislazione	<9>	6
Controllo Ambientale		4
<b>Totale</b>		<b>31</b>
<b>II semestre</b>		
Comp. Organici di Interesse Industriale con lab. (I e II modulo)	<10>	10
Chimica Biologica e Biotecnologie	<11>	7
Analisi chimica Strumentale	<12>	4
Analisi di Strutture Molecolari		4
Corso a scelta	<13>	4
<b>Totale</b>		<b>29</b>

**TERZO ANNO**

<b>insegnamento</b>		<b>crediti</b>
<b>I semestre</b>		
Tecnologie Industriali di Disinquinamento	<14>	7
Elementi di Impianti Chimici	<15>	5
Chimica Organica Fine e Macromolecolare	<16>	7
Controllo Qualità e Certificazione	<17>	6
Proprietà Industriale	<18>	3
Corso a scelta	<19>	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. 2002/03

1.	Metodi di Indagine Strutturale di Materiali Inorganici	5 CFU
2.	Chimica Inorganica Avanzata e Metallorganica	5 CFU
3.	Chimica Analitica (applicata ai Beni Culturali)	4 CFU
4.	Ecologia e Tossicologia <sup>(1)</sup>	5 CFU
5.	Metodologie di Sintesi organica	5 CFU
6.	Sostanze Naturali e Applicazioni Industriali	4 CFU
7.	Sintesi Organica a Basso Impatto Ambientale	5 CFU
8.	Ausiliari e Materiali Polimerici	5 CFU
9.	Spettroscopia e Fotochimica Applicate	5 CFU
10.	Tecnologie Elettrochimiche Ambientali	4 CFU
11.	Materiali Strutturali per l'Industria Chimica	4 CFU
12.	Calcolo Numerico <sup>(2)</sup>	5 CFU

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

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

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 9 crediti a loro disposizione.

#### 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.

### NORME PER IL 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*

Per essere ammesso a svolgere il tirocinio lo studente deve aver conseguito un numero minimo di 120 CFU.

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.

#### *Durata del tirocinio*

Il tirocinio, sia interno che esterno, deve avere una durata di effettive 525 ore.

#### *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 ammissioni al tirocinio decorrono dal 1° marzo 2003, 1° luglio 2003, 1° ottobre 2003 e 1° dicembre 2003.

Le domande di ammissione al tirocinio, complete di tutta la documentazione richiesta, devono essere presentate tassativamente alla Segreteria Didattica entro, rispettivamente, il 15 gennaio 2003, il 15 maggio 2003, il 15 luglio 2003 ed il 15 ottobre 2003. Verranno accettate le domande di studenti anche in difetto dei CFU necessari per l'ammissione al tirocinio purché detti studenti si impegnino a maturarli **entro e non oltre** la data ufficiale di inizio del tirocinio. Lo studente che si trovasse in questa situazione e' tenuto a comunicare in tempo utile al Presidente della Commissione Tirocini l'avvenuto conseguimento dei CFU mancanti.

#### *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: luglio 2003, ottobre 2003, dicembre 2003, febbraio 2004, aprile 2004.

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

Altre lauree specialistiche di area chimica sono:

- CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE
- SCIENZE CHIMICHE

## **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*

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. Mesomeria e risonanza. Legame coordinativo. Legame d'idrogeno. Geometrie molecolari. Orbitali ibridi. 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)
- Conducibilità elettrica delle soluzioni acquose. Energia libera e lavoro elettrico. Pile. Potenziali di ossido riduzione. Titolazioni potenziometriche. Misure potenziometriche del pH. Elettrolisi. Pile di pratico impiego. (12 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, Milano (1989).
- W. L. Masterton, C.N. Hurley, *Chimica*, Ed: Piccin, 1998.
- J. D. Lee, *Chimica Inorganica*, Ed. Piccin, 2000.

### LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA

Prof.ssa Maddalena Pizzotti

*Crediti didattici 6 (48 ore di lezione + 48 ore di esercitazioni in laboratorio)*

#### Calcolo Stechiometrico

1. Calcolo dimensionale. Sistemi internazionali di misura. Cifre significative.
2. La mole. Pesi atomici e molecolari.
3. Formule chimiche. Bilancio di reazione. Resa di reazione 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*

Prof.ssa Anna Morpurgo

Programma identico a quello dell'omonimo insegnamento attivato presso il Corso di Laurea in Chimica.

### **FISICA GENERALE**

*Crediti didattici 8(7 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)*

Prof. Ettore Gadioli

*Meccanica (21 ore di lezione e 6 ore di esercitazioni)*

Misura di 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. Corpi rigidi. .

*Elettromagnetismo (21 ore di lezione e 6 ore di esercitazione)*

Elettrostatica. Dielettrici. Correnti elettriche continue. Campo magnetico nel vuoto. Induzione elettromagnetica. Circuiti con correnti variabili nel tempo. Equazioni di Maxwell e onde elettromagnetiche.

*Ottica (14 ore di lezione e 4 ore di esercitazione)*

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

*Le esercitazioni consisteranno nella risoluzione di problemi.*

#### Testo consigliato:

- Halliday, Resnick e Walker, *Fondamenti di fisica*, Casa Editrice Ambrosiana

### **CHIMICA ANALITICA CON LABORATORIO**

*Crediti didattici 5 (CFU 3 per 24 ore di lezioni e CFU 2 per 32 ore di laboratorio)*

Dott.ssa Paola Fermo

*Durante le ore di lezione verranno affrontati i seguenti argomenti:*

- Applicazioni della statistica al trattamento e alla valutazione dei dati (3 ore)
- Metodi di analisi gravimetrica (Analisi termogravimetrica, analisi termica differenziale, calorimetria differenziale a scansione)
- Metodi di analisi basati sulle titolazioni

- Chimica delle soluzioni acquose
- Titolazioni di neutralizzazione
- Curve di titolazione per sistemi acido/base complessi
- Applicazioni delle titolazioni di neutralizzazione
- Titolazioni di precipitazione
- Titolazioni con formazioni di complessi
- Introduzione ai metodi cromatografici
- Gascromatografia
- Cromatografia liquida ad alta prestazione

*Durante le ore di esercitazione verranno svolte le seguenti esperienze:*

1. Determinazione del contenuto di acido acetico in un aceto commerciale (4 ore)
2. Determinazione del grado di durezza dell'acqua per via complessometrica (8 ore)
3. Determinazione del grado di idratazione di un sale mediante analisi TGA (4 ore)
4. Determinazione del metanolo nei distillati alcolici e nei vini (4 ore)
5. Determinazione di anioni nelle acque minerali mediante cromatografia ionica (4 ore)
6. Determinazione dei cloruri nelle acque minerali mediante metodo di Volhard e metodo di Fajans (4 ore)
7. Determinazione della composizione di una miscela di idrocarburi (4 ore)

### **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 forcina degli standard, determinazioni mediante tecniche di aggiunte di standard; unità bielettrodeiche 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)*

Prof. Cesare Gennari

*Prima parte (20 ore lezione; 2 ore di esercitazioni di analisi conformazionale, 2 ore di esercitazioni di stereochimica)*

#### I parte: 20 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: 18 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; Gli enoni; Le ammine.

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

III parte: 10 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 cicloesanone 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

## SECONDO ANNO

### CHIMICA FISICA

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

Prof. Giorgio Fiori

#### *Termodinamica*

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.

Conversione elettrochimica dell'energia; batterie primarie e secondarie, pile a combustibile.

#### *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 e ionici: legame nei solidi, struttura cristallina, strutture tipiche.

Sostanze molecolari: l'origine della coesione, biopolimeri, liquidi, sistemi dispersi.

#### Testo consigliato.

- Peter Atkins – *The elements of physical chemistry* – third edition – Oxford University Press 2001

### 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 interfacce 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 laboratorio)*

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, 3<sup>rd</sup> 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 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, il legame metallo-metallo. Classificazione delle strutture ioniche e composti ionici. Semiconduttori, transistor. Proprietà generale degli elementi. Composti di coordinazione. Il legame nei composti di coordinazione, complessi ottaedrici, tetraedrici, quadrato planari, chelati. Magnetismo. Tipo di isomeria.

Teorie generale degli acidi e basi e classificazione delle reazioni.

Chimica descrittiva dei principali elementi dei blocchi, s, p e d.

Materiali inorganici e loro applicazioni.

Laboratorio sintesi e caratterizzazione di alcuni composti inorganici e complessi.

Libro di testo consigliato:

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

**CHIMICA AMBIENTALE, SICUREZZA E LEGISLAZIONE**

*Crediti didattici 6*

Dott. Marino Nebuloni

*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 obbiettivi 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 obiettivi 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 obiettivi 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) è 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 normate, 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).

- lezioni in aula ed esperimenti in laboratorio.
- 48 ore di lezioni frontali in aula e 16 ore di esercitazioni (I e II modulo)+ 48 ore di laboratorio.
- esame orale

Modulo I (Giovanni Russo)

- Richiami della chimica organica dei gruppi funzionali. (6 ore).
- Amminoacidi, lipidi e carboidrati, con particolare attenzione agli aspetti applicativi della sintesi e della reattività (18 ore)



- Aspetti di base di struttura, sintesi e reazioni degli amminoacidi. Sintesi di peptidi e loro struttura secondaria, terziaria e quaternaria. Cenni su peptidi biologicamente attivi e farmaci a struttura peptidica (6 ore).
- Lipidi (4 ore).
- Carboidrati. Nomenclatura, configurazioni e forme cicliche. Glicosidi. Disaccaridi, oligosaccaridi e polisaccaridi. Cenni su glicolipidi, glicoproteine e glicosidi con attività biologica. Acidi nucleici (8 ore).
- Esercitazioni in aula (8 ore).

Testo adottato:

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

Modulo II (Dario Perdicchia)

Saranno esaminati quegli anelli eterociclici presenti in molecole ad attività biologica e farmacologica. In particolare, anelli a cinque termini con uno e due eteroatomi (pirrolo, furano, tiofene, imidazolo, pirazolo, isossazolo, tiazolo); anelli a sei termini con un eteroatomo (piridina) e con due eteroatomi (pirimidina, piperazina). Cenni sulle reazioni di Diels-Alder e cicloaddizioni 1,3-dipolari.

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 negli altri moduli del corso.

L'impostazione del corso privilegerà gli aspetti sintetici della chimica organica. La scelta degli esperimenti e delle condizioni di reazione verrà fatta cercando di evidenziare i problemi connessi alla tossicità dei reagenti e le problematiche di inquinamento e di smaltimento relative ai prodotti usati.

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.

Esercitazioni in laboratorio:

- SINTESI DELLA N,N-DIETIL-*m*-TOLUAMMIDE (AUTAN)
- SINTESI DEL 2-*p*-TOLILINDOLO (Sintesi di Fisher)
- RIDUZIONE ENZIMATICA DEL PIRUVATO DI ETILE
- BENZOILAZIONE DELL'  $\alpha$ -METIL-D-GLUCOPIRANOSIDE.
- CICLOADDIZIONE 1,3 DIPOLARE TRA UN ALCHENE E UN NITRILOSSIDO

## **CHIMICA BIOLOGICA E BIOTECNOLOGIE**

*Crediti didattici 7*

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

## **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*

- I modulo: Prof. Paolo Longhi (2 CFU)
- II modulo: Prof. Paolo Carniti (5 CFU)

#### I modulo

- A) Tipologie delle emissioni solide, liquide e aeriformi da impianti chimici, centrali termoelettriche e altri impianti e cicli di produzione industriali (4 ore).
- B) Reflui liquidi industriali: impatto ambientale; tecniche di abbattimento degli inquinati mediante trattamenti fisici, chimici e chimico-fisici (12 ore).

#### II modulo

- C) Reflui liquidi industriali: tecniche di abbattimento degli inquinati mediante trattamenti biologici (8 ore).
- D) Emissioni aeriformi: origine; permanenza in atmosfera ed effetti inquinanti; tecniche di abbattimento degli inquinati mediante trattamenti fisici, chimici e chimico-fisici (20 ore).
- E) Scarti e rifiuti solidi: eliminazione, recupero e riciclo di materie plastiche (6 ore).
- F) Cenni su nuovi processi e tecnologie alternative a minor impatto ambientale (6 ore).

### 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

## **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)

1. Ricerca e sviluppo di un processo di Chimica Fine: professionalità e metodologie necessarie nella ricerca e sviluppo di un prodotto; economia dell'atomo e problemi di impatto ambientale; reagenti e solventi in operazioni su larga scala; aumento di scala; purificazione e controlli analitici.
2. 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.

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

Il corso si propone di illustrare i principi di base della chimica macromolecolare e gli aspetti più rilevanti dell'impiego di polimeri sintetici.

- 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.

## **CONTROLLO QUALITÀ E CERTIFICAZIONE**

*Crediti didattici 6*

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

## **PROPRIETÀ INDUSTRIALE**

*Crediti didattici 3*

In attesa docente e programma

## CORSI OPZIONALI

### **METODI DI INDAGINE STRUTTURALE DI MATERIALI INORGANICI**

*Crediti didattici 5*

Dott. Piero Macchi

- La struttura dei materiali: stato cristallino e stato non-cristallino
- Aspetti strutturali dei materiali inorganici:
  - metalli
  - semiconduttori
  - superconduttori
  - vetri
  - materiali ceramici
  - polimeri inorganici
  - catalizzatori
  - zeoliti
  - materiali magnetici
  - materiali ottici
  - cementi
  - vernici
- I metodi di indagine:
  - diffrattometrici
  - analisi delle fasi da campioni policristallini
  - analisi qualitativa
  - analisi quantitativa
  - campioni monocristallini (cenni)
  - metodi diffrattometrici con radiazioni non X
  - misure di stress
  - analisi della "tessitura" e delle dimensioni del particolato
  - Microscopia elettronica
  - TEM
  - SEM
  - Fluorescenza
  - misure calorimetriche
  - misure magnetiche
  - caratterizzazioni spettroscopiche dei solidi (cenni)
  - caratterizzazioni strutturali delle superficie
  - AFM
  - STM
  - LEED
- Utilizzo di banche dati
  - pdf
  - icسد

### **CHIMICA INORGANICA AVANZATA E METALLORGANICA**

*Crediti didattici 5*

Prof.ssa Donatella Strumolo

Si approfondiranno alcuni aspetti della chimica inorganica e di coordinazione. Saranno illustrati i principi fondamentali della chimica metallorganica e il coinvolgimento di questi composti in problemi ambientali.

## **CHIMICA ANALITICA (APPLICATA AI BENI CULTURALI)**

*Crediti didattici 4*

Prof.ssa Silvia Bruni

*Lezioni frontali (ore totali: 26)*

1. Introduzione al corso: correlazione tra arte, archeologia e chimica analitica (ore 2)
2. Metodi di analisi elementare applicati all'opera d'arte o al reperto archeologico:
  - spettroscopia atomica di assorbimento ed emissione, ICP-MS, LA-ICP-MS (ore 3)
  - fluorescenza di raggi X (XRF) ed emissione di raggi X indotta da particelle (PIXE) (ore 3)
  - analisi per attivazione neutronica (ore 2)
  - trattamento statistico del dato analitico: cenni ai metodi di analisi multivariata (ore 2)
3. Metodi di analisi molecolare applicati all'opera d'arte o al reperto archeologico:
  - spettrometria di massa, in particolare associata alla gas-cromatografia (GC-MS) (ore 4)
  - spettroscopie micro-Raman e micro-FTIR (ore 2)
  - spettroscopia in riflettanza con fibre ottiche (ore 1)
4. Cenni ai metodi di datazione: analisi degli isotopi e termoluminescenza (ore 3)
5. Tecniche di analisi delle superfici: spettroscopia fotoelettronica di raggi X (XPS), spettroscopia di elettroni Auger (AES), microscopia elettronica a scansione (SEM) e analisi di raggi X in dispersione di energia (EDX) (ore 4)

*Esercitazioni (ore totali: 12)*

1. Dimostrazione dell'utilizzo di attrezzatura spettroscopica (Raman, FTIR, riflettanza nel visibile) da laboratorio e portatile per la caratterizzazione di pigmenti in opere d'arte.
2. Dimostrazione dell'utilizzo dell'apparecchiatura per SEM-EDX applicato ad un frammento di ceramica antica con rivestimento.
3. Dimostrazione dell'utilizzo di un'apparecchiatura per GC-MS nel riconoscimento di un residuo organico di interesse archeologico.

## **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.

## **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

## **SOSTANZE NATURALI E APPLICAZIONI INDUSTRIALI**

*Crediti didattici 4*

Prof. Bruno Danieli

### *1 CFU*

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; transamminazione; decarbossilazione; riduzione, ossidazione ed accoppiamento ossidativo; reazioni di glicosilazione.

### *2 CFU*

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).

### *1 CFU*

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.

## **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.

## **AUSILIARI E MATERIALI POLIMERICI**

*Crediti didattici 5*

Prof. Giuseppe Di Silvestro - Prof.ssa Elisabetta Ranucci

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 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:

- 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

### **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 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

### **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

### **CALCOLO NUMERICO**

*Crediti didattici 5*

Corso mutuato dal corso di laurea triennale in chimica, vedi programma.

**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	Maddalena Pizzotti
Laboratorio di Informatica	Anna Morpurgo
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
Controllo Ambientale	Anna Bortoluzzi
Comp. Organici di Interesse Industriale con lab. (I e II 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 Paolo Carniti
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	Piero Macchi
Metodi di Indagine Strutturale di Materiali Inorganici	Donatella Strumolo
Chimica Inorganica Avanzata e Metallorganica	Silvia Bruni
Chimica Analitica (applicata ai Beni Culturali)	Silvia Bruni
Ecologia e Tossicologia	Andrea Binelli
Metodologie di Sintesi organica	Luigi Lay
Sostanze Naturali e Applicazioni Industriali	Bruno Danieli
Sintesi Organica a Basso Impatto Ambientale	Mauro Cinquini
Ausiliari e Materiali Polimerici	Giuseppe Di Silvestro Elisabetta Ranucci
Spettroscopia e Fotochimica Applicate	Elena Selli
Tecnologie Elettrochimiche Ambientali	Sandra Rondinini
Materiali Strutturali per l'Industria Chimica	Giuseppe Faita
Calcolo Numerico	Flavia De Tisi

## 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 anche nomina di nuovi docenti nel corso dell'anno accademico seno 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 ELETTROCHIMICA 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	
BELLON PIERLUIGI			
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
CARIATI FRANCESCO	Lunedì - Martedì - Mercoledì	11,30-12,30	1° p 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

Orario ricevimento docenti

	Martedì	14.00/15.30	
FAITA Giuseppe	Martedì	10.30/12.30	Dip.to CFE
	Giovedì	10.30/12.30	
	Lunedì	12,30-13,30	
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	
GARANTI LUISA	Martedì	15-17	Dip.to COI
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	
MAZZA Francesco	Martedì	10.30/12.30	Dip.to CFE
	Mercoledì	10.30/11.30	
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	14.30-16,30	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 Laura			Dip.to COI
RAIMONDI MARIO	Mercoledì	10,30-11,30 14-16	Dip.to CFE Ala Sud
RANZI BIANCA MARIA	Mercoledì	10,30-13,30	Biodip
RICCA GIULIANA	Lunedì	10-12	Dip.to COI
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	
SCAVINI MARCO	Martedì	11,30-12,30	Dip.to CFE p.t.
	Giovedì	10,30-12,30	

Orario ricevimento docenti

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 GIAN FRANCO	Venerdì	9,30-11,30	Dip.to CFE
TOLLARI STEFANO			
TRASATTI Sergio	Mercoledì	08.30/09.30	Dip.to CFE
UGO Renato	Venerdì	14.00/17.00	Dip.to CIMA
VALCAVI UMBERTO	Mercoledì (1 semestre)	9,30-12,30	Dip.to COI
	Martedì (2 semestre)	15,30-18,30	
ZANDERIGHI GIOVANNI	Mercoledì	11-13	Dip.to CIMA
	Giovedì	11-12	